



Münchner Trinkwasserhygiene Forum

05. März 2026

**09:00 Uhr bis 17:00 Uhr
Online-Veranstaltung**

<https://hygienetag.de/>

Update: Trinkwasser-assoziierte Infektionen

2. Münchner Trinkwasserhygiene Forum

05.03.26

Dr. med. Benjamin Würstl

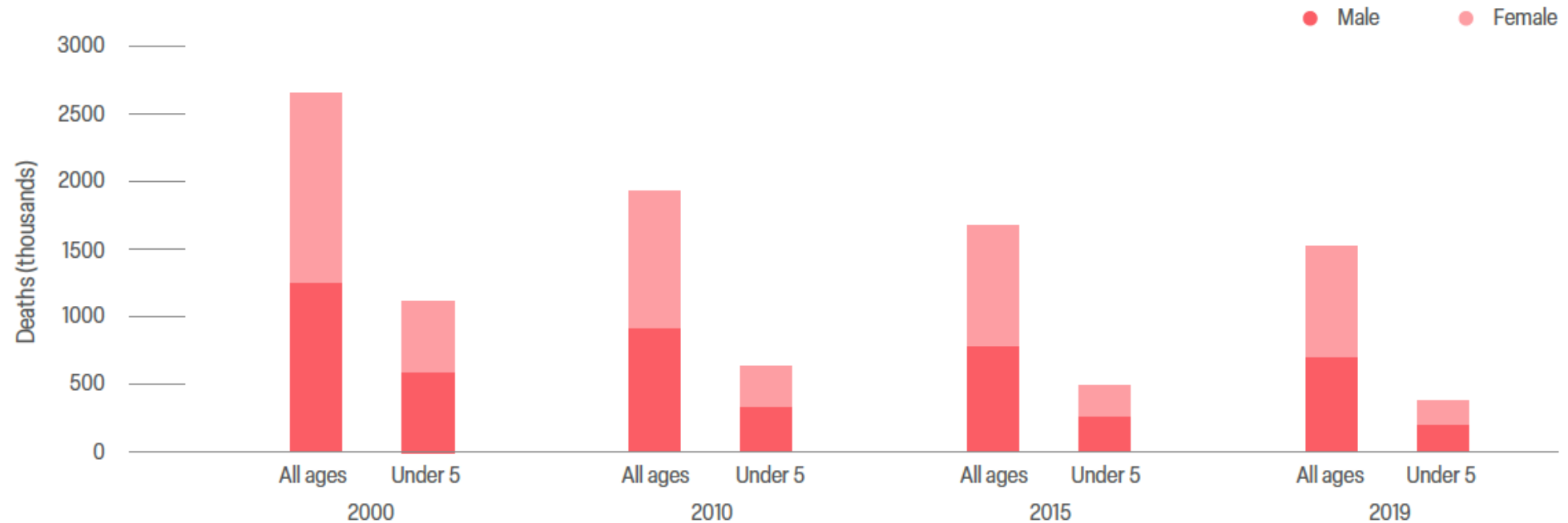
Facharzt für Mikrobiologie, Virologie und Infektionsepidemiologie

Facharzt für Allgemeinmedizin

Key Facts - WHO

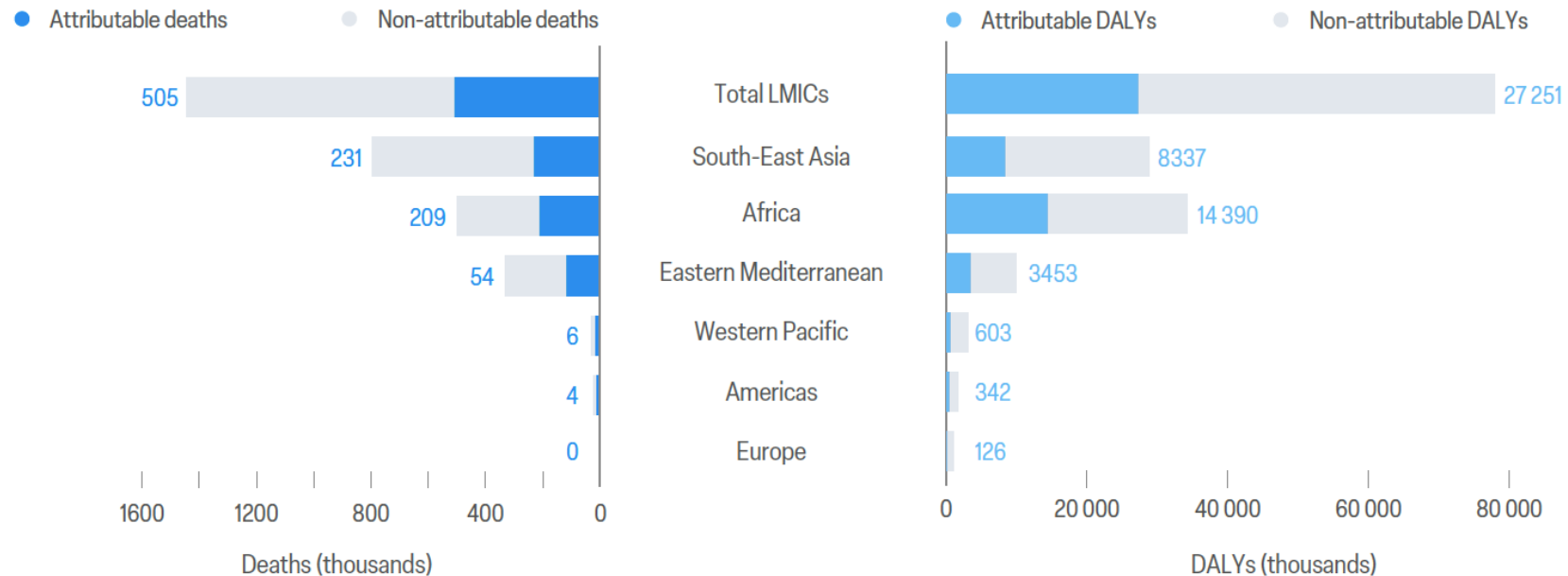
- **Mehr als 2 Mrd. Menschen** leben in Regionen mit schlechtem Zugang zu sauberem Wasser, Zunahme in Folge Klimawandel u. Bevölkerungswachstum
- **2022: mehr als 1,7 Mrd. Menschen** verwenden Trinkwasserquellen, die mikrobiologisch mit Fäkalien kontaminiert sind
- Mikrobiologisch kontaminiertes Trinkwasser: **weltweit 505 000 Todesfälle / Jahr** durch Durchfallerkrankungen, Cholera, u.a. Gastroenteritiden, Typhus und Polio
- **Zugang zu sauberem Trinkwasser: Prävention** von Trinkwasser-assoziierten Durchfallerkrankungen, respiratorischen Infektionen und vielen Tropenkrankheiten
- **2022: 6 Mrd. Menschen (73% d. Weltbev.)** hatten Zugang zu adäquat aufbereitetem Trinkwasser (vs. 62% in 2000)
- **WHO-Ziel: Zugang zu sauberem Trinkwasser für alle bis 2030!**
(WHO / UNICEF Joint Monitoring Program`s Sustainable Development Goal 6)

Todesfälle - Infektiöse Durchfallerkrankungen 2000 - 2019



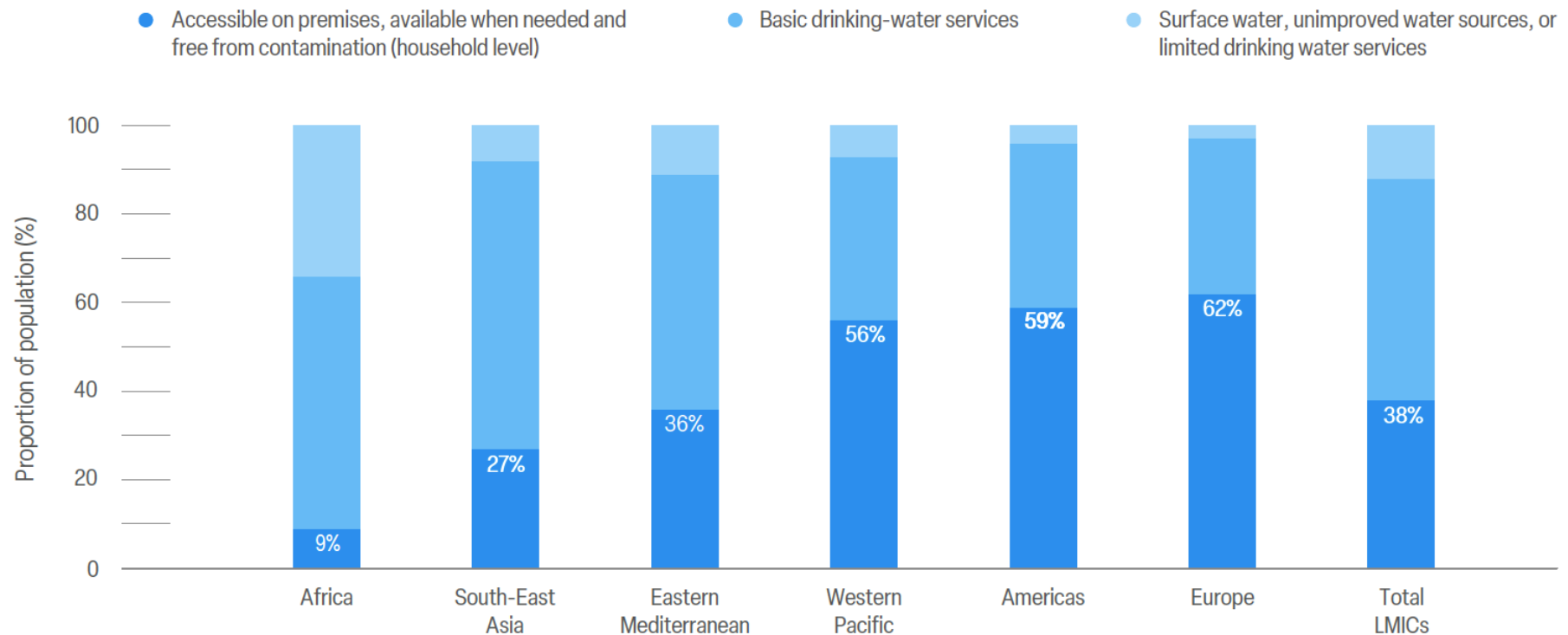
Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene, 2019 update. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Trinkwasser-assoziierte Durchfallerkrankungen Todesfälle und Krankheitslast 2019



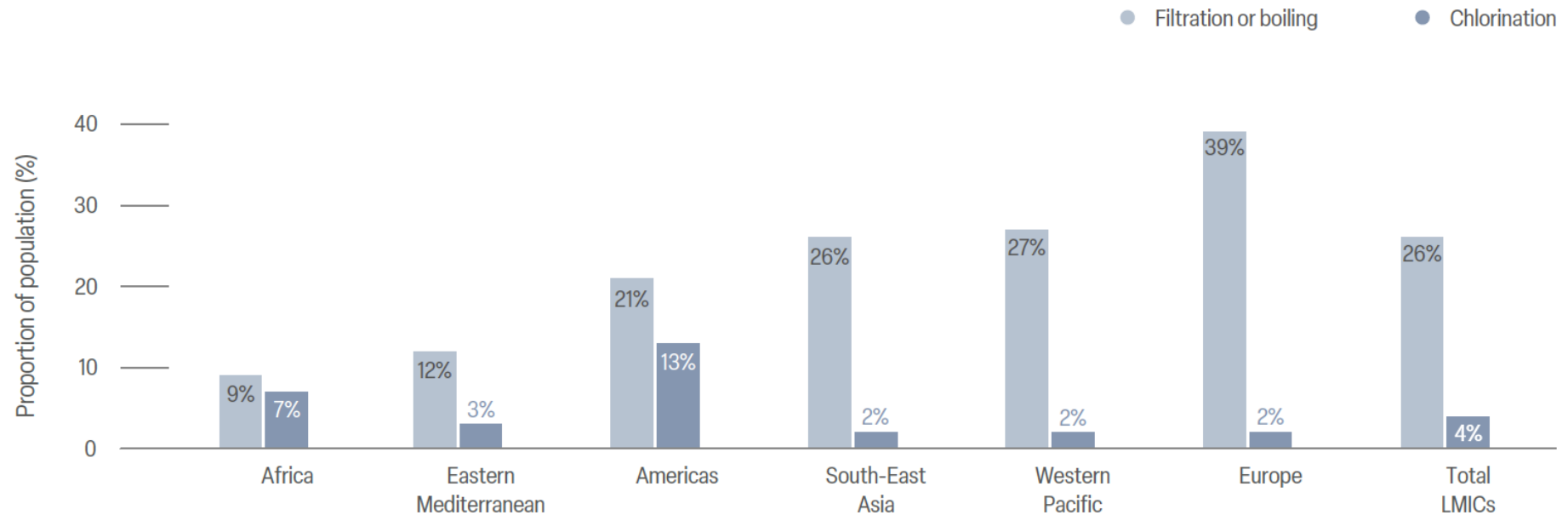
Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene, 2019 update. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Zugang zu Trinkwasser in 132 LMICs (Lower middle income countries) - 2019

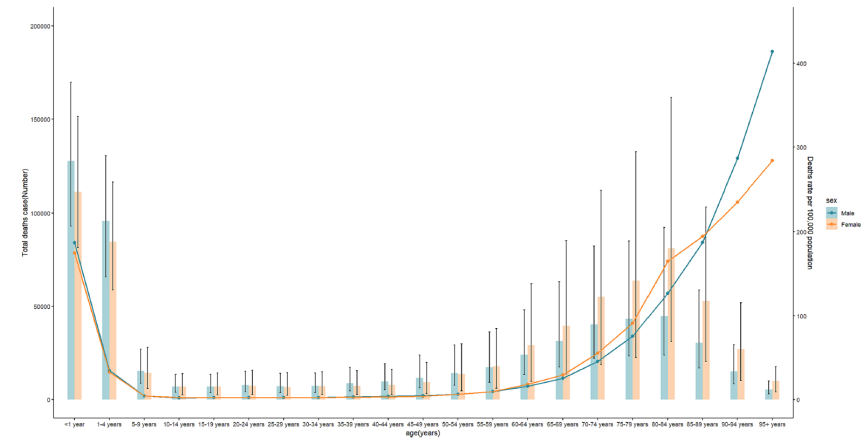
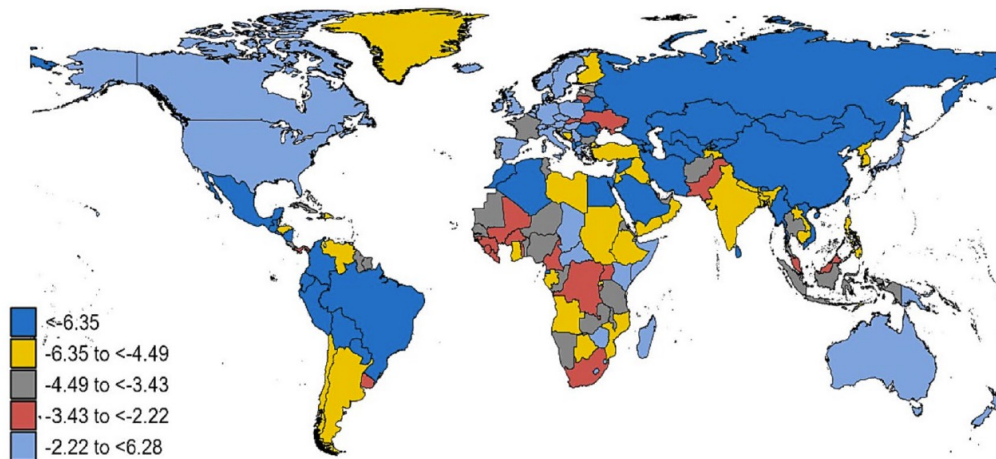


Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene, 2019 update. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

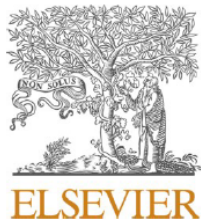
Häusliche Trinkwasser-Aufbereitung, LMICs 2019



Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene, 2019 update. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

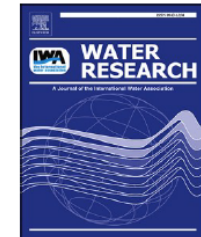


- global Rückgang d. Todesfälle durch Trinkwasser-assoz. Inf. um ca. 50% in den letzten 3 Jahrzehnten
- Frauen weiterhin häufiger betroffen als Männer, in Afrika v.a. Männer betroffen
- Kinder < 5J. haben höchste Mortalität und DALYs
- erhöhte Mortalität auch bei Personen > 60J.
- Krankheitslast besonders hoch in LMICs, insbesondere in tropischen u. ländlichen Regionen
- bedeutender RF: Bewässerung von Gemüse mit unbehandeltem Abwasser
- Gefahr globaler Ausbreitung durch internationale Lieferketten



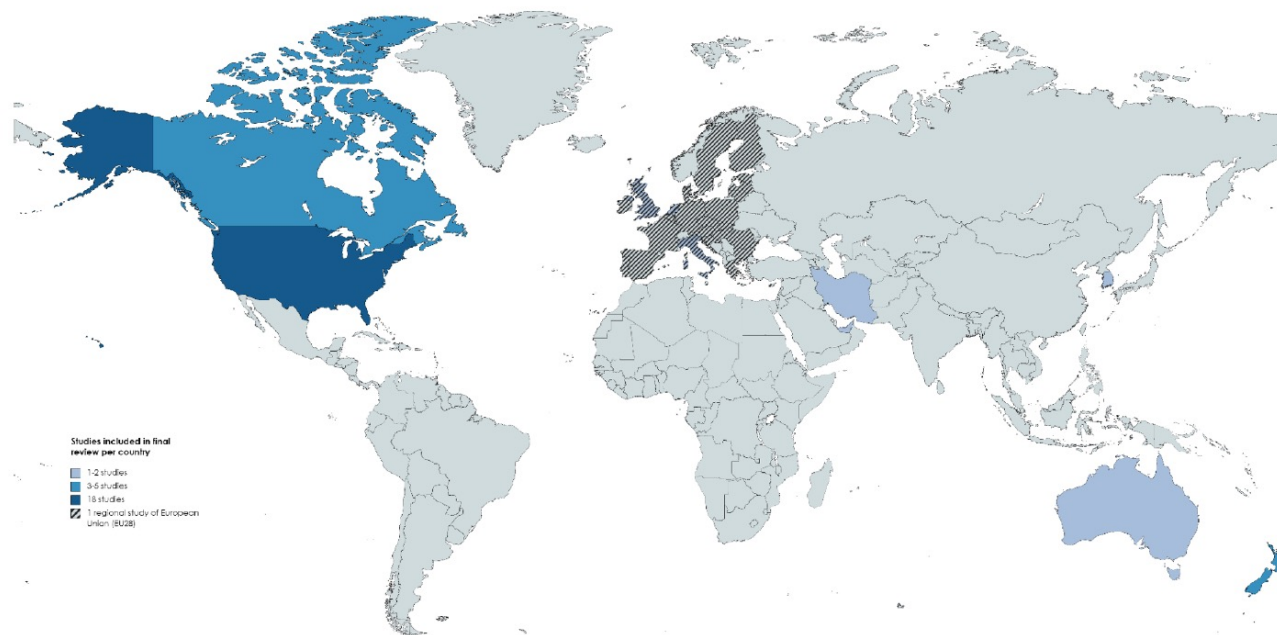
Contents lists available at ScienceDirect

Water Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres

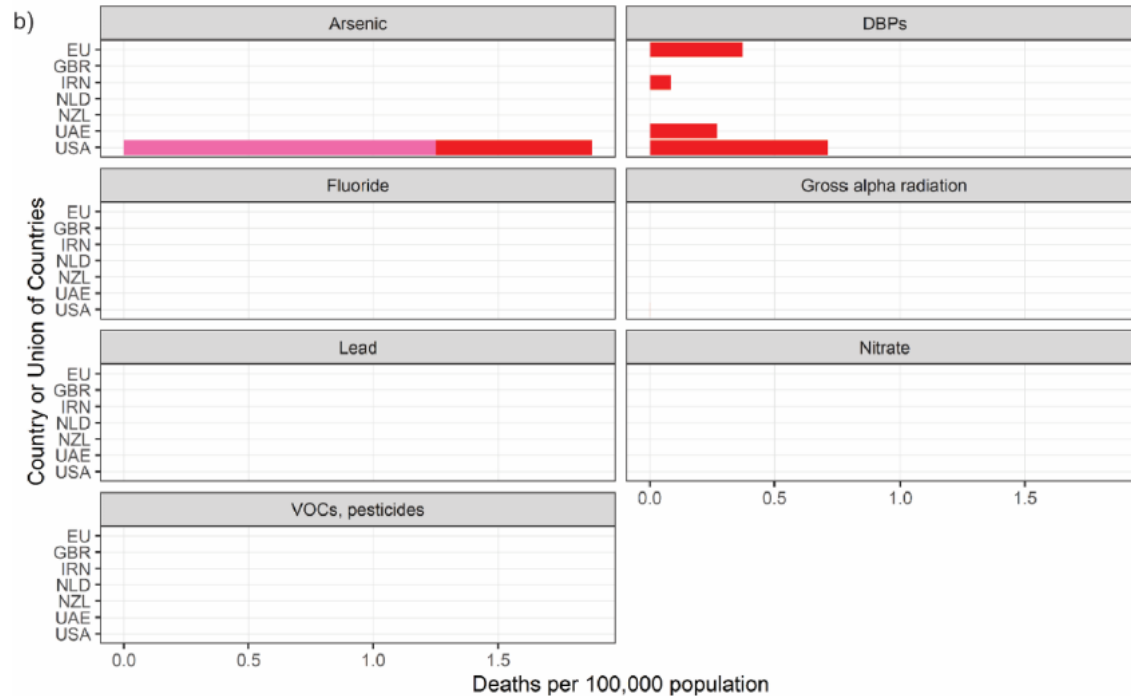
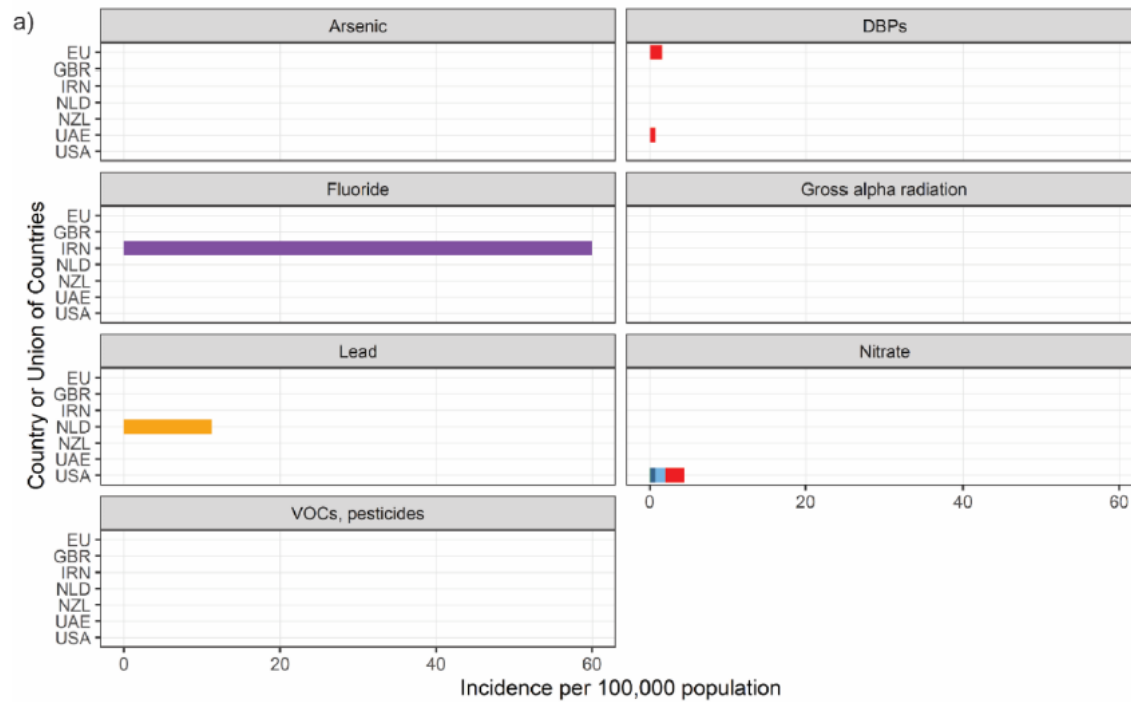
Burden of disease from contaminated drinking water in countries with high access to safely managed water: A systematic review

Debbie Lee^{a,b}, Jacqueline MacDonald Gibson^c, Joe Brown^d, Jemaneh Habtewold^e,
Heather M. Murphy^{a,e,*}



- 514 Artikel gesichtet: nur wenige erfüllten Einschlusskriterien:
 - 24 Studien: mikrobiologische Kontaminationen
 - 10 Studien: chemische Kontaminationen
 - 1 Studie: mikrobiologische und chemische Kontaminationen
- 68,8% der Studien aus USA / Kanada; EU: nur 1 Studie aus Italien!
- Median der gastrointestinalen Erkrankungen: ~2.720 Fälle pro 100.000 Einw. / Jahr
- höchste Sterberate durch mikrobiologische Kontaminanten: 0,46 pro 100.000 Einw. / Jahr
- Gewichtungsfaktor für leichte Durchfallerkr.: 200 DALYs / 100.000 Einw. in Industrieländern
- vs. 920 DALYs / 100.000 Einw. global,
2813 DALYs / 100.000 Einw. Subsahara-Afrika
- insg. in Industrieländer sehr niedrige Krankheitslast im globalen Vergleich

- WHO: tolerierbare Krankheitslast v. 0,1 DALYs / 100.000 Einw. wird jedoch nicht erreicht
- nur sehr wenige Daten zu Legionellen-Inf. (nur 3 Studien), fast ausschließlich Krankheitslast durch Gastroenteritiden
- outcome:
 - robuste Überwachungssysteme und epidemiologische Daten fehlen
 - unterschiedliche Methoden zur Schätzung erschwert den Datenvergleich
- Trinkwasser-assoziierte Ausbrüche und Infektionen durch Biofilme in DWDS sind wahrsch. unterdetektiert
- **Kunz et al., 2024:** Surveillance of waterborne disease outbreaks associated with drinking water – CDC, United States, 2015 – 2020, *MMWR Surveill. Summ.* 73 (2024) 1-23
 - 2015 – 2020: 87% der publizierten Ausbrüche mit Biofilmen assoziiert
 - entsprechend 187 v. 214 Fallberichten
 - 98% der Ausbrüche: *Legionella*
 - 2%: Non-tuberkulöse Mykobakterien, *Pseudomonas* spp.



Outcome

■ Cancers	■ Very preterm birth	■ Fluorosis	■ Cognitive damage
■ Very low birth weight	■ Neural tube defects	■ Heart disease	

Chemische Kontaminationen

Minimale Infektionsdosis (MID) (CFU/ml)

Pathogen	Minimal infective dose (MID) (CFU/mL)
<i>Vibrio cholerae</i>	10^3
<i>Salmonella</i> spp.	10^4 – 10^7
<i>Shigella</i> spp.	10^1 – 10^2
<i>Campylobacter jejuni</i>	≈ 500
<i>Escherichia coli</i>	10^6 – 10^8
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	<100
<i>Yersinia enterocolitica</i>	10^6
<i>Legionella</i> spp.	Unknown
<i>Aeromonas</i> spp.	10^4
<i>Mycobacterium avium</i>	10^4 – 10^7
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Unknown

Bakterielle Erreger mit zunehmender Relevanz

www.hygconcept.de



Erreger	Prävalenz	Ursachen	zunehmendes Vorkommen	Erkrankung
<i>Acinetobacter spp.</i>	28%	Antibiotika Abfall Abwasser	MDR	NI, Meningitis, Pneumonie, SSI HWI, Immunsuppr.
<i>Arcobacter spp.</i>	35%	Landwirtschaft	Desinf.resistenz	Gastroenteritis
<i>Aeromonas hydrophila</i>	18%	Landwirtschaft	MDR Desinf.resistenz	Gastroenteritis
<i>Campylobacter</i>		Landwirtschaft Abfall Abwasser	Anpassungs- fähigkeit	Gastroenteritis
<i>Helicobacter pylori</i>	30%	Abwasser	Anpassungs- fähigkeit	Typ B Gastritis, Ulkus, Magen- Ca
<i>Legionella pneumophila</i>	hoch in WVS	Kühlsysteme Management Urbanisation		Pneumonie Pontiac-Fieber

Erreger	Prävalenz in Wasserquellen	Ursachen	zunehmendes Vorkommen	Erkrankung
<i>Mycobacterium avium complex</i>	40%	Landwirtschaft Urbanisation Aufbereitetes TW	Immunsuppr. Resilienz in aufbereitetem TW	Lungenerkr.
<i>Listeria monocytogenes</i>	25%	Abwasser Landwirtschaft Lebensmittelherstellung	Resilienz	Listeriose, Abort, peripartale Infektionen, Meningitis, Sepsis
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	42%	MDR Desinf.resistenz	Health care Immunsuppr.	Wundinf., Pneumonie, HWI
<i>S. maltophilia</i>	30% (v.a. KKH)	Antibiotika WVS	MDR	Nosok. Inf. Pneumonie
<i>Yersinia enterocolitica</i>	27%	Landwirtschaft Abwasser Abfall	Kaltwasser- Persistenz	Gastroenteritis



PROD

Surveillance Atlas of Infectious Diseases

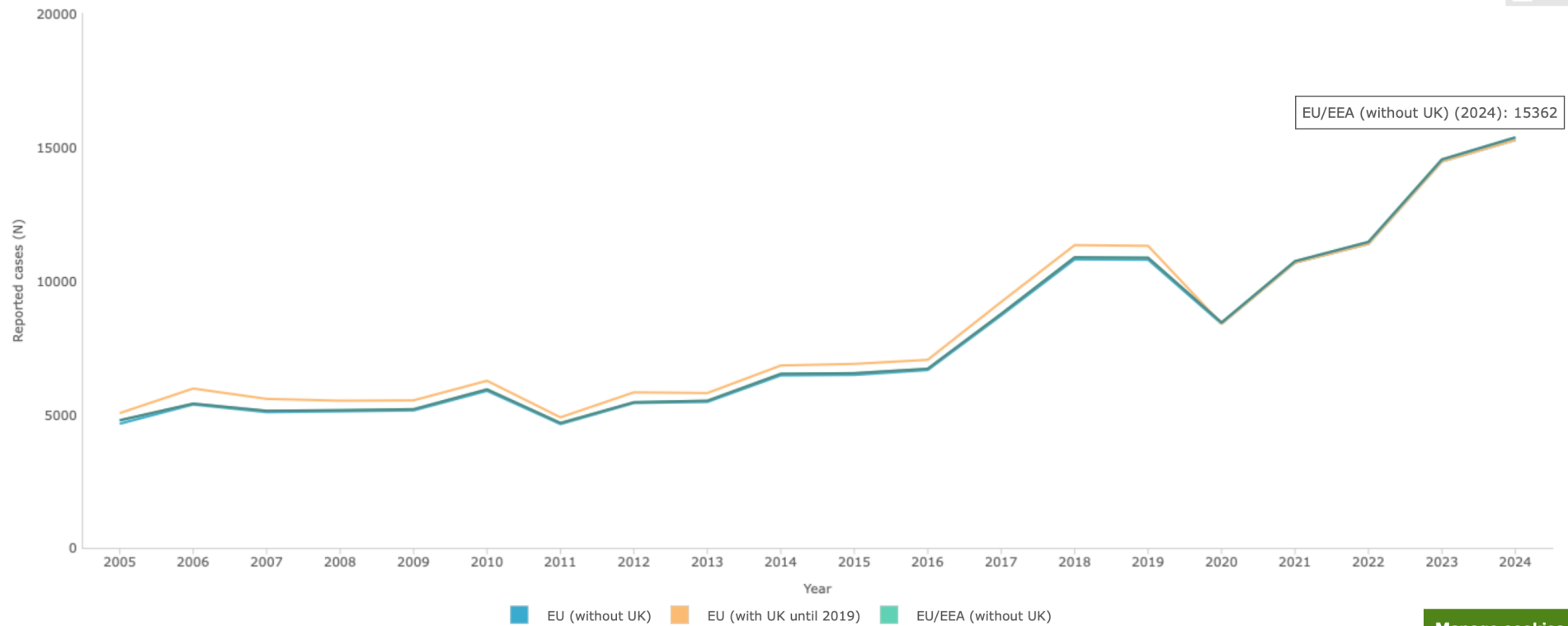


Legionnaires' disease ▼

All cases ▼

Reported cases ▼

2024 ▼



Manage cookies



PROD

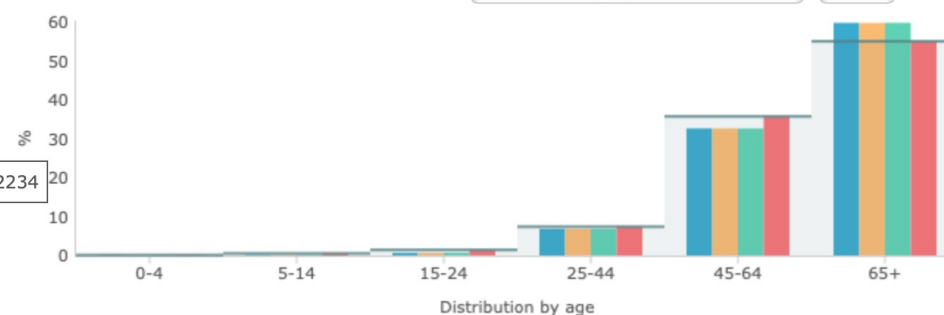
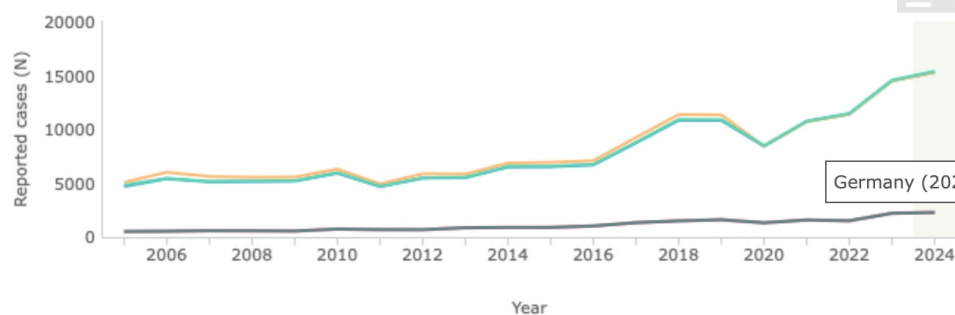
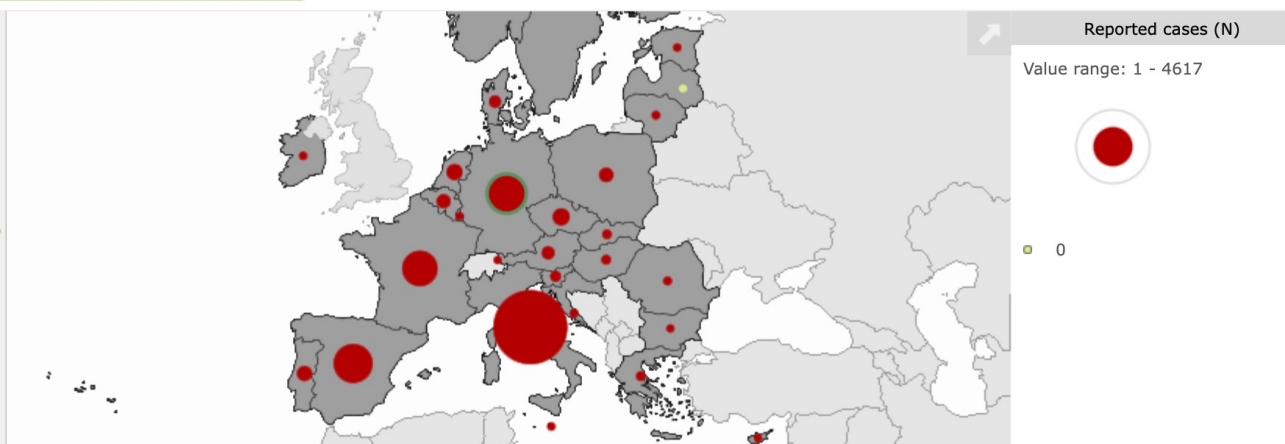
Surveillance Atlas of Infectious Diseases



Legionnaires' disease ▾ All cases ▾ Reported cases ▾ 2024 ▾ ⋮

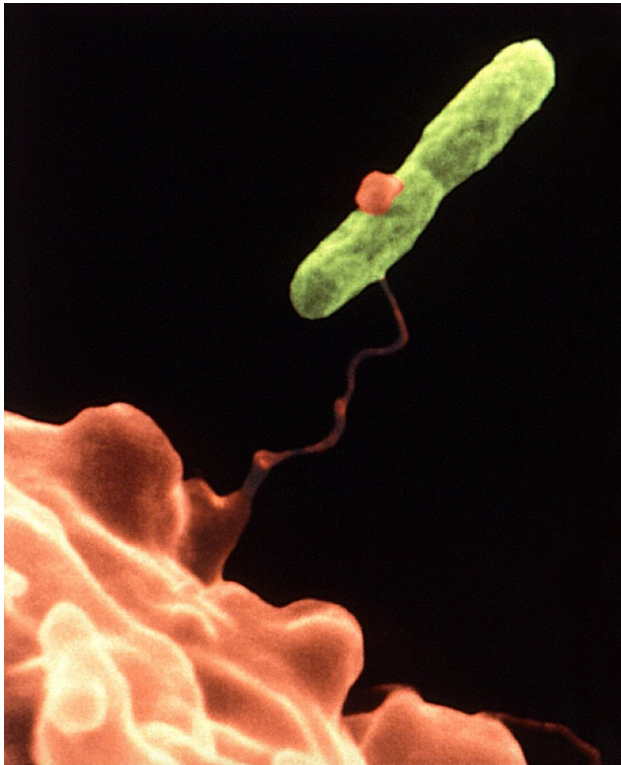


Region	Reported cases (N)
Bulgaria	12
Croatia	66
Cyprus	16
Czechia	635
Denmark	296
Estonia	22
Finland	48
France	1923
Germany	2234
Greece	116
Hungary	126



Manage cookies

***Legionella* spp. / „Legionellen“**



Quelle: "ID#: 6640", CDC/ Dr. Barry S. Fields, Centers for Disease Control and Prevention (CDC)

- gram-negatives Stäbchenbakterium
- obligat aerob
- fakultativ intrazellulär
- prim. Reservoir: Süßwasser, Feuchtbiotope
- Temp. - Optimum: 20 – 50°C

- Genus *Legionella* mit aktuell 65 Spp.
- ca. 50% human-pathogen
- am häufigsten: *L. pneumophila*, Sg 1 (Lp1)
- weitere human-pathogene Spp.:
 - *L. longbeacheae*
 - *L. bozemanii*
 - *L. micdadei*
 - *L. dumoffii*
 - *L. feleleii*
 - *L. wadsworthii*
 - *L. anisa*

Legionellose

Epidemiologie d. Legionellen-Pneumonie / Legionärskrankheit:

→ aktuell ca. 2200 Fälle /J., hohe Dunkelziffer zu erwarten

→ Verteilung:

- ambulant erworben: 70%
- reiseassoziiert: 20%
- nosokomial erworben (Krankenhaus od. Pflegeheim): 10%

Die DALY-Schätzung für Legionellose ist unsicher, weil:

- viele Fälle **nicht diagnostiziert werden**
- nur ein Teil labordiagnostisch bestätigt wird
- daher die Krankheitslast tendenziell unterschätzt wird

Mikrobiologisches Spektrum – Ambulant erworbene Pneumonie

Erreger	Anteil (Schätzung)
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	30%
<i>Haemophilus influenzae</i>	5-10%
<i>Mycoplasma pneumoniae</i>	5–10 %, häufiger im jungen Alter
<i>Legionella spp.</i>	3%
Influenzavirus	10 %, abhängig von Virustyp und Saison
Enterobakterien	1–3 %, abhängig von der Komorbidität
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1–2 %, abhängig von der Komorbidität
Keine definierbare Ätiologie	50%

Symptomatik:

- 1% gegenüber Legionellen exponierte Personen entw. eine Infektion
- bei Gesunden meist asymptomatisch
- Risikopatienten: Pontiac-Fieber (90%), Legionärskrankheit (10%)

→ **Pontiac-Fieber:**

- Ink.zeit: 1 – 3d
- Leichter Verlauf ohne Pneumonie, grippaler Infekt

→ **Legionärskrankheit:**

- RFs: Immunsuppression, hohes Alter, Multimorbidität, Rauchen
- Ink.zeit: 2 – 10d
- schwere Pneumonie, a.e. trockener Husten
- SIADH mit Hyponatriämie u. Diarrhoen
- Letalität:
 - ambulant erworbene Fälle / reiseassoziierte Fälle: 5 – 9%
 - nosokomiale Fälle: 13%

Trinkwasserquellen in Deutschland:

Wasserquelle

Anteil

Grundwasser:

ca. **61–65 %**

Uferfiltrat:

ca. **12–15 %**

Quellwasser:

ca. **7–8 %**

Oberflächenwasser (Seen,
Talsperren):

ca. **13–16 %**

UBA u. BDEW

- Deutschland nutzt überwiegend **natürlich geschütztes Grundwasser**
- Uferfiltrat ist technisch Oberflächenwasser, das durch natürliche Bodenpassage vorgereinigt wird
- Direkte Oberflächenwasseraufbereitung ist regional bedeutsam (z. B. Ballungsräume).

Trinkwasseraufbereitung in Deutschland:

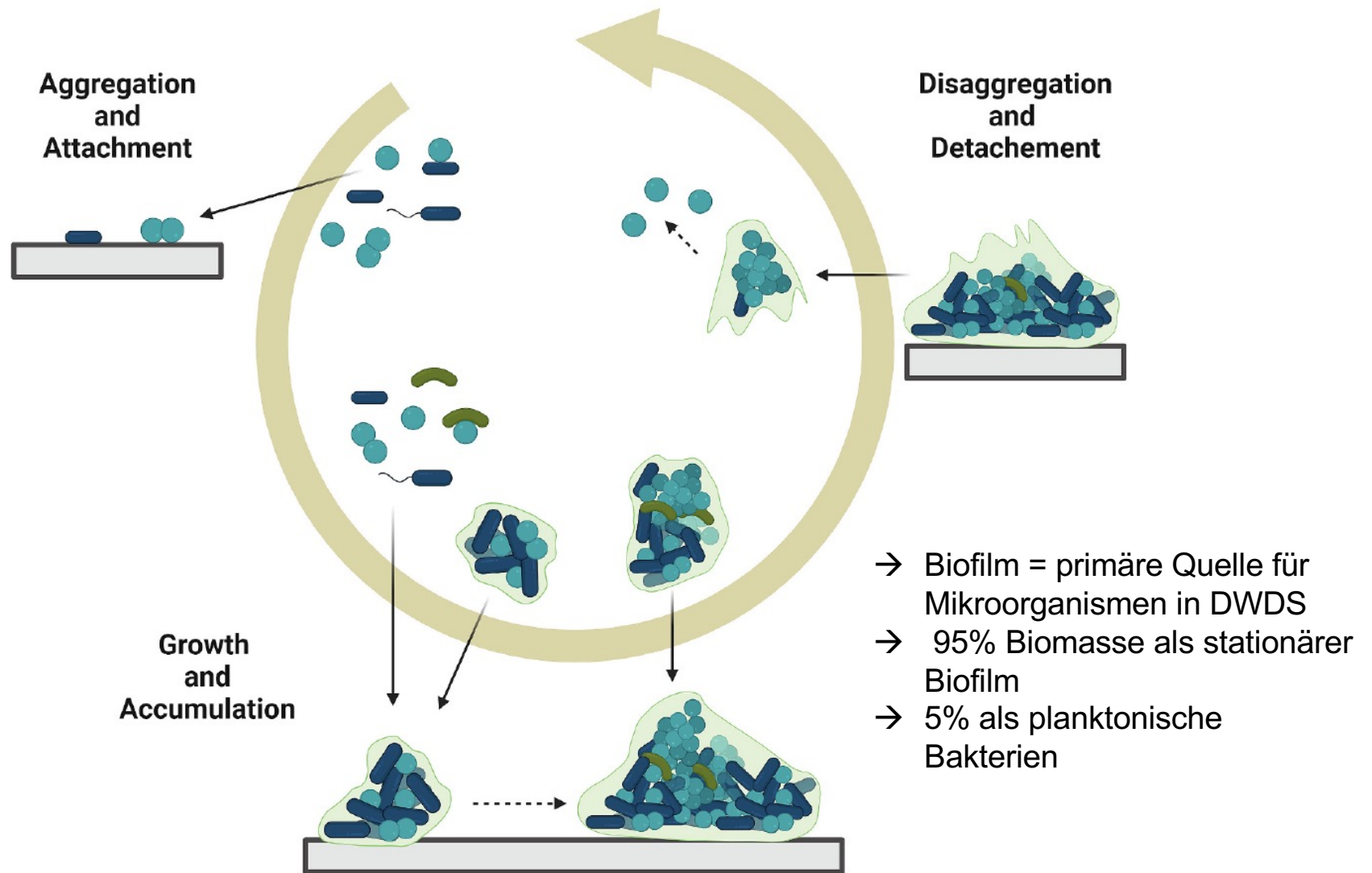
- Belüftung (Entfernung von CO₂, Oxidation von Eisen/Mangan)
- bei Oberflächenwasser: Flockung und Sedimentation
- Filtration (z. B. Mehrschicht- od. Sandfilter)
- ggf. Entsäuerung / pH-Stabilisierung
- ggf. Aktivkohle bei Spurenstoffen und bei Oberflächenwasser
- bei Oberflächenwasser: ggf. Ozonierung / UV-Desinfektion

👉 Häufig **keine Desinfektion erforderlich**, da mikrobiologisch stabil

Multibarriereprinzip:

- 1. Schutz der Wasserressourcen** (Wasserschutzgebiete)
- 2. Natürliche Bodenpassage** (Grundwasserbildung)
- 3. Technische Aufbereitung**
- 4. Geschlossene, überwachte Verteilnetze**





Nährstoffmangel

Temperaturerhöhung

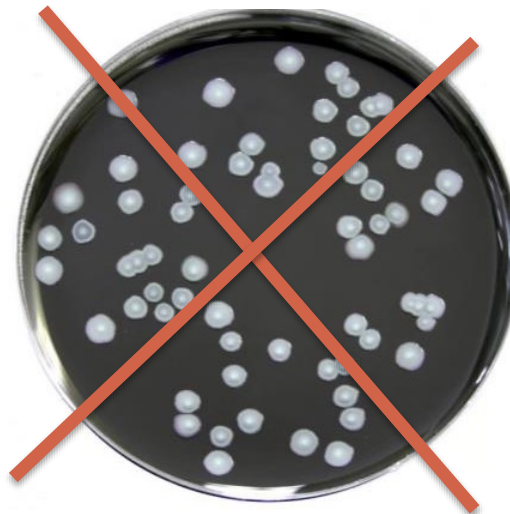
Desinfektionsmittel



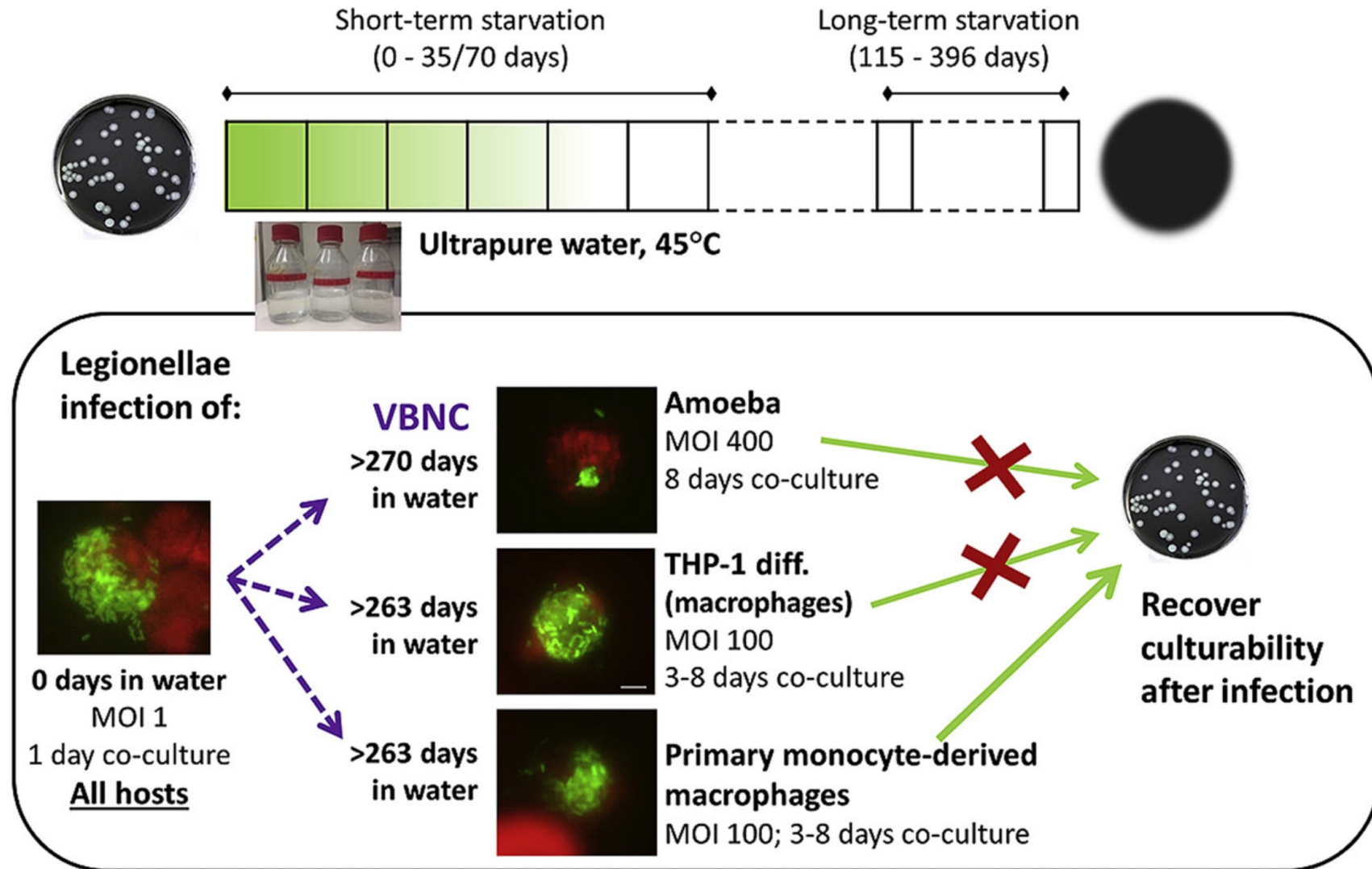
VBNC

= viable but non-culturable

Virulenz?



L. pneumophila auf
BCYE-Agar



Legionellen und Klimawandel

Umweltfaktoren:

- erhöhte Inzidenz mit best. Wetterverhältnissen assoziiert:
 - erhöhte Luftfeuchtigkeit / Niederschlagsmengen / Lufttemperatur (Brandsema et al., 2014; Kanatani et al., 2021)
 - niedriger Luftdruck (Han et al., 2021)
- Hypothesen:
 - Aerosolisierung von Legionellen-haltigen Pfützenwasser durch Befahren von Regenwasser-nassen Straßen mit Autos (Kanatani et al., 2021; Japan):
 - Leg.-DNA in Luftproben in der Umgebung von befahrenen Straßen
 - Leg.-DNA-Konz. korreliert mit Niederschlagsmenge
 - Ausbruch-imitierend bei passageren Wetterverhältnissen mit feucht-warmen Verhältnissen

Haushaltstrinkwasser:

- Erhöhung der Basistemperatur von Kaltwasser, vermehrtes Legionellen-Wachstum auch in Kaltwasser
- Bestreben zu niedrigeren Warmwasser-Temp. wg. Kosten / Energie-Verbrauch / CO₂-Abdruck
- Temp. < 50°: u.U. sogar Förderung des Leg.-Wachstums
- Hypothese setzt jedoch Korrelation einer erhöhten Inzidenz mit erhöhten Legionellen-Konzentration im Trinkwasser voraus (**cave: Dosis-Wirkungs-Paradoxon!**)

Dosis-Wirkungs-Paradoxon bei Legionellen

- keine eindeutige Korrelation zw. Legionellen-Konzentration und Inzidenz
- Effekt seit den 1990ern bekannt (O'Brien et al., 1993)

LeTriWa-Studie (Buchholz et al., 2020; DOI: 10.1371/journal.pone.0241724)

- 48% d.F. Infektionsquelle identifiziert
- Trinkwasser im Haushalt: 25%, häufigste identifizierte Quelle
- Art statt Menge:
 - keine Korrelation mit der Konzentration
 - hohe Infektiosität: Legionella-Typ **MAb-3/1**

Die Literatur zeigt heute ein relativ klares Bild:

👉 Eine klassische monotone Dosis-Wirkungs-Beziehung existiert für Legionellen wahrscheinlich nicht.

Stattdessen gilt:

- Erkrankungsrisiko ist multifaktoriell.
- Virulenz, Expositionsdynamik und Wirtsfaktoren sind entscheidender als absolute Keimzahlen.
- Grenzwerte im Trinkwasser sind primär **Risikomanagement-Instrumente**, keine direkten Infektionsschwellen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Waßmer & Würstl GbR, Toni-Berger-Straße 5, 81249 München
Christiane Waßmer + 49 171 38 44 613, Benjamin Würstl + 49 173 37 36 796
info@hygconcept.de, www.hygconcept.de