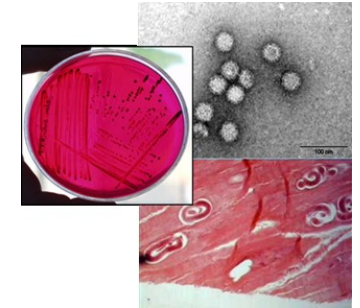


Water reuse in der Landwirtschaft: Prävention von Lebensmittelinfektionen

21.04.2023, Berlin

Dr. Heidi Wichmann-Schauer
Abteilung Biologische Sicherheit

Mögliche biologische Gefahren in aufbereitetem Abwasser



- **Bakterien:** pathogene *E. coli*, Salmonellen, Shigellen, *Campylobacter*, Legionellen
- **Viren:** Norovirus (NoV), Hepatitis A-Virus (HAV), Hepatitis E-Virus (HEV), Rotavirus, Sapovirus, Astrovirus, Adenovirus
- **Parasiten**
 - Protozoen: Giardien, Kryptosporidien, Toxoplasmen
 - Helminthen (z. B. *Ascaris*, *Taenia*)
- **Antibiotikaresistente Bakterien** und Resistenzgene

Anforderungen an die Routine-Überwachung von aufbereitetem Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung (VO (EU) 2020/741)

Mindestgüteklasse aufbereitetes Wasser	<i>E. coli</i> (Anz./100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Trübung (NTU)	<i>Legionella</i> spp. (< 1 000 KbE/l)	Wurmeier (≤ 1 Ei/l)
A	Einmal pro Woche (≤ 10)	Einmal pro Woche (≤ 10)	Einmal pro Woche (≤ 10)	Kontinuierlich (≤ 5)	Zweimal pro Monat, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht	Für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen Zweimal pro Monat oder wie vom Betreiber der Aufbereitungseinrichtung nach Anzahl der Eier festgelegt wird, die sich im in die Aufbereitungseinrichtung einlaufenden Abwasser befinden
B	Einmal pro Woche (≤ 100)	Gemäß RL 91/271/EWG (Anhang I Abschnitt D)	-	-		
C	Zweimal pro Monat (≤ 1000)		-	-		
D	Zweimal pro Monat (≤ 10.000)		-	-		

BOD₅ = Menge an Sauerstoff in mg/l, die alle im Wasser vorhandenen Mikroorganismen bei einer Temperatur von 20 °C innerhalb von 5 Tagen verbrauchen

TSS = Gesamtmenge der gelösten Feststoffe

Anforderungen an das Validierungsmonitoring für aufbereitetes Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung (VO (EU) 2020/741)

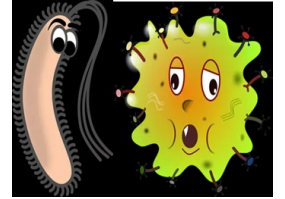
Mindestens 90 % der Validierungsproben müssen die folgenden Leistungsziele (\log_{10} Reduktion) erreichen oder übersteigen:

- ≥ 5,0 *E. coli* (oder *Campylobacter* spp.)
- ≥ 6,0 Coliphagen insgesamt, oder f-spezifische oder somatische Coliphagen (oder Rotavirus)
- ≥ 4,0 *Clostridium perfringens* Sporen
oder ≥ 5,0 sporenbildende sulfatreduzierende Bakterien (oder *Cryptosporidium*)

Einschränkungen:

- Nur für Güteklasse A
- Nur für Aufbereitungseinrichtungen, die am 25. Juni 2020 noch nicht in Betrieb waren
- Nur vor Inbetriebnahme einer neuen Aufbereitungsanlage oder bei wesentlichen Änderungen der Verfahren
- Wenn ein biologischer Indikator nicht in ausreichender Menge im Rohabwasser vorhanden ist, um die \log_{10} -Reduktion zu erreichen, bedeutet das Fehlen eines solchen biologischen Indikators im aufbereiteten Wasser, dass die Validierungsanforderungen eingehalten werden.

Reduktion von Pathogenen und Indikatororganismen bei ausgewählten Abwasser-Aufbereitungsverfahren



Log-Reduktionen

Verfahren	Bakterien	Viren	Bakteriophagen	<i>Giardia</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. perfringens</i>
Erstbehandlung	0 - 0.5	0 - 0.1	k.A.	0.5 - 1	0 - 0.5	0 - 0.5
Zweitbehandlung	1 - 3	0.5 - 2	0.5 - 2.5	0.5 - 1.5	0.5 - 1	0.5 - 1
Chlor	2 - 6	1 - 3	0 - 2.5	0.5 - 1.5	0 - 0.5	1 - 2
Ozon	2 - 6	3 - 6	2 - 6	k.A.	k.A.	0 - 0.5
UV-Strahlung	2 - >4	>3	3 - 6	>3	>3	k.A.
Filtration, Koagulation	0 - 1	0.5 - 3	1 - 4	1 - 3	1.5 - 2.5	0 - 1
Membranfiltration	3.5 - >6	2.5 - >6	3 - >6	>6	>6	>6

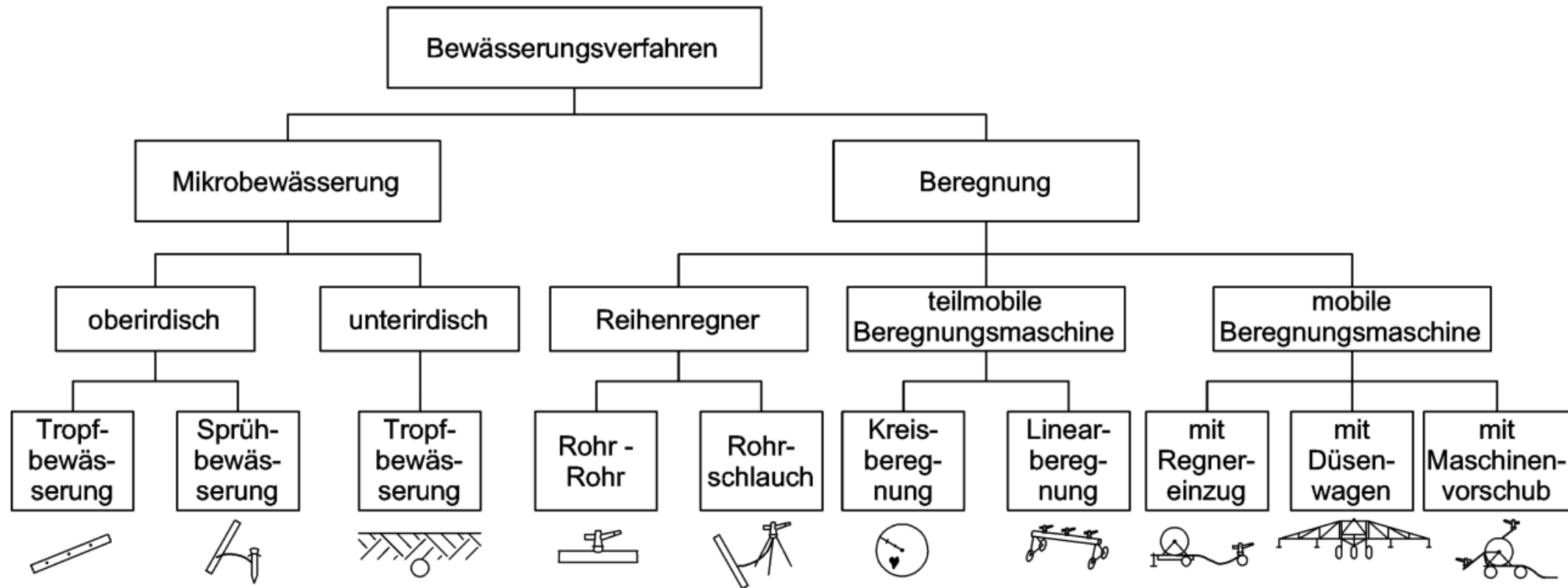
k.A. = keine Angabe

Quelle: National Water Quality Management Strategy (NWQMS). National Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (November 2006). ISBN 1 921173 06 8

Zulässige landwirtschaftliche Verwendungszwecke, Bewässerungsmethoden und Aufbereitungstechniken für wiederverwendetes Abwasser (VO (EU) 2020/741)

Mindestgüteklasse aufbereitetes Wasser	Kategorie der Kulturpflanzen	Bewässerungsmethode	Zielvorgabe für die Technik
A	Alle roh verzehrten Nutzpflanzen, deren essbarer Teil unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt und roh verzehrte Hackfrüchte	Alle Bewässerungsmethoden	Zweitbehandlung, Filtration und Desinfektion
B	Roh verzehrte Nutzpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nutzpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Alle Bewässerungsmethoden	Zweitbehandlung und Desinfektion
C	Roh verzehrte Nutzpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nutzpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- oder fleischerzeugende Tiere	Tropfbewässerung oder eine andere Bewässerungsmethode, bei der ein unmittelbarer Kontakt mit dem essbaren Teil der Pflanze vermieden wird	Zweitbehandlung und Desinfektion
D	Industrie- und Energiepflanzen sowie aus Saatgut gewonnene Pflanzen („seeded crops“)	Alle Bewässerungsmethoden	Zweitbehandlung und Desinfektion

Systeme zur landwirtschaftlichen Bewässerung nach DIN 19655



Arten zulässiger Barrieren und entsprechende log-Reduktionen von Pathogenen beim Anbau*

Art der Barriere	Anwendung	Log-Reduktion von Pathogenen	Anzahl der Barrieren
Tropfbewässerung	Von niedrig wachsenden Kulturen (mindestens 25 cm über dem Boden)	2	1
	Von hoch wachsenden Kulturen (mindestens 50 cm über dem Boden)	4	2
	Unterflur-Tropfbewässerung , bei der das Wasser nicht durch Kappillarwirkung bis zur Erdoberfläche steigt	6	3
Künstliche Beregnung	Bewässerung niedrig wachsender Kulturen mit mindestens 25 cm Abstand von der Wasserdüse durch künstliche Beregnung oder Mikroberegnung	2	1
	Bewässerung von Obstbäumen mit mindestens 50 cm Abstand von der Wasserdüse durch künstliche Beregnung oder Mikroberegnung	4	2
Zusätzliche Desinfektion (Feld)	Schwache Desinfektion (< 1mg/l Chlor insgesamt nach 30 min Chlorierung)	2	1
	Starke Desinfektion (\geq 1mg/l Chlor insgesamt nach 30 min Chlorierung)	4	2
Sonnenschutzabdeckung	Bei Tropfbewässerung, bei der die Abdeckung die Bewässerung vom Gemüse trennt	2 bis 4	1

*Bekanntmachung der Kommission: Leitlinien zur Anwendung der Verordnung 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung (2022/C 298/01)

Arten zulässiger Barrieren und entsprechende log-Reduktionen von Pathogenen vor/nach der Ernte*

Art der Barriere	Anwendung	Log-Reduktion von Pathogenen	Anzahl der Barrieren
Absterben von Pathogenen	Unterstützung des Absterbens durch Einstellung oder Unterbrechung der Bewässerung vor der Ernte	0,5 to 2 pro Tag	1 bis 2
Reinigung vor dem Verkauf	Waschen von Salat, Gemüse und Obst mit Trinkwasser	1	1
Desinfektion vor dem Verkauf	Waschen von Salat, Gemüse und Obst mit einem milden Desinfektionsmittel und Abspülen mit Trinkwasser	2	1
Schälen der Erzeugnisse	Schälen von Obst und Hackfrüchten	2	1

*Bekanntmachung der Kommission: Leitlinien zur Anwendung der Verordnung 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung (2022/C 298/01)

Arten zulässiger Barrieren und entsprechende log-Reduktionen von Pathogenen*

Art der Barriere	Anwendung	Log-Reduktion von Pathogenen	Anzahl der Barrieren
Tropfbewässerung	Von niedrig wachsenden Kulturen (mindestens 25 cm über dem Boden)	2	1
	Von hoch wachsenden Kulturen (mindestens 50 cm über dem Boden)	4	2
	Unterflur-Tropfbewässerung , bei der das Wasser nicht durch Kappillarwirkung bis zur Erdoberfläche steigt	6	3
Künstliche Beregnung	Bewässerung niedrig wachsender Kulturen mit mindestens 25 cm Abstand von der Wasserdüse durch künstliche Beregnung oder Mikroberegnung	2	1

Mittels Barrieren-Konzept gemäß Anhang I Abschnitt II der VO (EU) 2020/741 und Anhang 4 zum Leitfaden der EU auch schlechtere Wasserqualitäten verwendbar

	Starke Desinfektion ($\geq 1 \text{ mg/l Chlor}$ insgesamt nach 30 min Chlorierung)	4	2
Sonnenschutz-abdeckung	Bei Tropfbewässerung, bei der die Abdeckung die Bewässerung vom Gemüse trennt	2 bis 4	1
Absterben von Pathogenen	Unterstützung des Absterbens durch Einstellung oder Unterbrechung der Bewässerung vor der Ernte	0,5 to 2 pro Tag	1 bis 2
Reinigung vor dem Verkauf	Waschen von Salat, Gemüse und Obst mit Trinkwasser	1	1
Desinfektion vor dem Verkauf	Waschen von Salat, Gemüse und Obst mit einem milden Desinfektionsmittel und Abspülen mit Trinkwasser	2	1
Schälen der Erzeugnisse	Schälen von Obst und Hackfrüchten	2	1

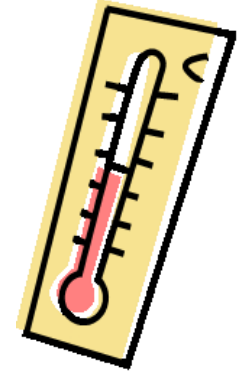
*Bekanntmachung der Kommission: Leitlinien zur Anwendung der Verordnung 2020/741 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung (2022/C 298/01)

Positive Einflussfaktoren auf die Umweltstabilität von Krankheitserregern

- **Feuchtigkeit**
- **Kühle Temperaturen**
- **Tonhaltige Böden, organisches Material**
- **Schatten**
- **Raue, unregelmäßige Oberflächen**



Stabilität von Viren auf pflanzlichen Lebensmitteln



Matrix	Virus	Lagerbedingungen	Log-Reduktion (95% CI)	Referenz
Erdbeeren	MNV	4 °C, 7 d	0	Verhaelen et al., 2012
	MNV	10 °C, 7 d	0.9 (0.7-1.0)	
	MNV	21 °C, 3 d	1.4 (1.2-1.5)	
Himbeeren	MNV	4 °C, 7 d	0	Verhaelen et al., 2012
	MNV	10 °C, 7 d	0.5 (0.3-0.6)	
	MNV	21 °C, 3 d	1.1 (0.8-1.4)	
Salat	HAV	4 °C, 7 d	2	Croci et al., 2002
	MNV-1	4 °C, 11 d	ca. 1	Escudero et al., 2012
	FCV	4 °C, 7 d	ca. 2	Mattison et al., 2007
	FCV	RT, 4 d	>2.7	Mattison et al., 2007
Spinat	HAV	5.4 ± 1.2 °C, 14 d	1.0	Shieh et al., 2009

Quelle: Li D, De Keuckelaere A, Uyttendaele M. Fate of Foodborne Viruses in the "Farm to Fork" Chain of Fresh Produce. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2015 Nov;14(6):755-770. doi: 10.1111/1541-4337.12163.

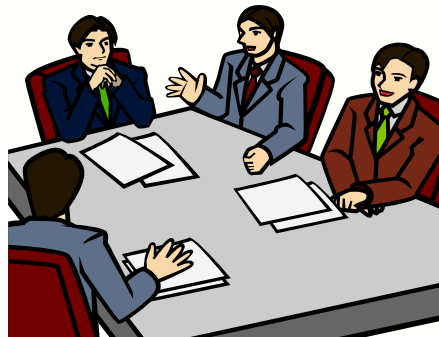
Einflüsse auf die Exposition der Konsumenten

- **Qualität des Bewässerungswassers**
- **Bewässerungstechnik**
- **Boden, Pflanzen**
- **Klima**
- **Zeit zwischen Bewässerung, Ernte und Verzehr**
- **Verarbeitung / Konsumverhalten**



Risikobewertungen des BfR

- Aufbereitete Abwässer: **Bakterielle Krankheitserreger** auf frischem Obst und Gemüse vermeiden.
Stellungnahme Nr. 021/2020 des BfR vom 21. April 2020*
- Aufbereitete Abwässer: **Virale Krankheitserreger** auf pflanzlichen Lebensmitteln vermeiden
Stellungnahme Nr. 019/2022 des BfR vom 8. Juli 2022
- Aufbereitete Abwässer: **Protozoen** auf pflanzlichen Lebensmitteln vermeiden
Stellungnahme Nr. 021/2022 des BfR vom 27. Juli 2022



*Gemeinsame Stellungnahme des BfR, JKI und MRI aus dem Jahr 2019

Herausforderungen für die Lebensmittelsicherheit



- Ausscheidung großer Mengen von humanpathogenen Viren und Protozoen mit dem Stuhl
- Mikrobiologische Beschaffenheit des Abwassers kann regional und saisonal variieren
- Sehr wahrscheinlich hohe Stabilität im Abwasser, im Boden, auf den Pflanzen
- Mögliche Aufnahme von Humanpathogenen über die Wurzel in die Pflanzen
- Erreger-Übertragung auf Pflanzen durch moderne Bewässerungstechnik nicht vollständig vermeidbar
- Sehr niedrige minimale Infektionsdosen (Viren, Protozoen, STEC)
- Häufiger Rohverzehr von Obst und Gemüse

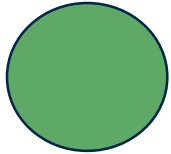
Unsicherheiten durch fehlende Daten/Methoden



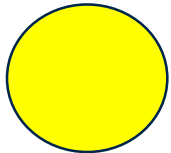
- Eignung der Aufbereitungsverfahren nicht abschätzbar (in D fehlende Standardverfahren/Laborkapazitäten zum Nachweis von humanpathogenen Viren und Protozoen im Wasserbereich)
 - Leistungsziele der VO (EU) 2020/741 für deren Indikatoren wahrscheinlich unzureichend (s. WHO Guidance on Potable Reuse*)
 - Keine Überwachung des Vorkommens von humanpathogenen Viren und Protozoen in aufbereitetem Abwasser
 - Datenqualität zur Stabilität und Inaktivierung von humanem NoV und HAV unzureichend
- Betreiber der Aufbereitungseinrichtung kann Risiken nicht ausreichend bewerten, um Risikomanagementplan (ggf. zusammen mit anderen Verantwortlichen und Endnutzern) zu erstellen.

* In der WHO Guidance on Potable Reuse (2017) werden für eine sichere Aufbereitung von Abwasser für die Nutzung als Trinkwasser als Standardleistungsziele (Default Performance Targets) Reduktionen von 9,5 log₁₀-Stufen enterischer Viren (Noroviren) sowie 8,5 log₁₀-Stufen enterischer Protozoen (Cryptosporidium) empfohlen.

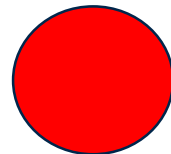
Empfehlungen zur Umsetzung der VO (EU) 2020/741 in Deutschland



Bewässerung gemäß VO (EU) 2020/741 bei Pflanzen, die vor dem Verzehr generell ausreichend erhitzt werden

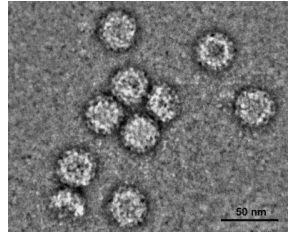


Ausschluss des direkten Kontakts der roh verzehrbaren Anteile mit dem aufbereiteten Abwasser (durch geeignetes Bewässerungssystem) und dem bewässerten Boden (z.B. keine Ernte von Fallobst) bei Pflanzen, deren roh verzehrbarer Anteil bodenfern wächst (z.B. Weinstöcke und Obstbäume)



Verwendungsverbote von aufbereitetem Abwasser für die Bewässerung von Pflanzen, deren roh verzehrbarer Anteil im Boden oder bodennah wächst und mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt sowie für hydroponische Kulturen von Pflanzen zum Rohverzehr (bis durch zusätzliche Aufbereitungsverfahren und geeignete Kontrollen praktisch ausgeschlossen werden kann, dass im Bewässerungswasser Krankheitserreger, insbesondere humanpathogene Viren oder Protozoen, enthalten sind)

Forschungsbedarf



- **Entwicklung und Validierung von Nachweisverfahren für infektiöse humanpathogene Viren und Protozoen in aufbereitetem Abwasser**
- **Vergleichsstudien für Surrogat- und Indikatorviren**
- **Optimierung der Aufbereitungsverfahren für Abwasser**
- **Daten für die Risikobewertung**
- **Einfluss von Mikroplastik auf die Stabilität und Verbreitung von Pathogenen**

Danke für die Mitarbeit an den Stellungnahmen

JKI

Prof. Dr. Kornelia Smalla

PD Dr. Adam Schikora

MRI

Prof. Dr. Charles Franz

Dr. Christina Böhnlein

Dr. Jan Kabisch

Dr. Melanie Huch

Dr. Dominic Stoll

BfR

NRL E. coli: Dr. Elisabeth Schuh, Dr. Andre Göhler

NRL Salm: Dr. Istvan Szabo

NRL Lis: Dr. Sylvia Kleta, Dr. Marlen Adler

NRL Virus: Prof. Dr. Reimar Johne, Dr. Alexander Falkenhagen

Protozoen: Dr. Martin Richter, Dr. Anne Mayer-Scholl, Dr. Annette Johne, Dr. Jana Sachsenröder

Antibiotikaresistenz: PD Dr. Bernd-Alois Tenhagen, Dr. Jens-Andre Hammerl

Verzehrdaten: Anna Kolbaum



Dr. Heidi Wichmann-Schauer
T +49 30 18412-24400
44@bfr.bund.de

Bundesinstitut für Risikobewertung
bfr.bund.de

BfR | Risiken erkennen –
Gesundheit schützen

Verbraucherschutz zum Mitnehmen

BfR2GO – das Wissenschaftsmagazin des BfR


bfr.bund.de/de/wissenschaftsmagazin_bfr2go.html


Folgen Sie uns

 @bfrde | @bfren | @Bf3R_centre

 @bfrde

 youtube.com/@bfr_bund

 social.bund.de/@bfr

 linkedin.com/company/bundesinstitut-f-r-risikobewertung