



# Mikrobiologische Wasserqualität & Schifffahrt über die Bedeutung einer ordnungsgemäßen Abwasserentsorgung für den Gewässerschutz

S.D. Steinbacher <sup>1,3,†</sup>, A. Ameen <sup>2,†</sup>, K. Demeter <sup>3,†</sup>, D. Lun <sup>2</sup>, J. Derx <sup>2,†</sup>, G. Lindner <sup>4,†</sup>, R. Sommer <sup>4,†</sup>,  
R. Linke <sup>3,†</sup>, C. Kolm <sup>1,†</sup>, K. Zuser <sup>1,†</sup>, M. Heckel <sup>6</sup>, A. Perschl <sup>6</sup>, G. Blöschl <sup>2</sup>, A.P. Blaschke <sup>2,†</sup>, A.K.T. Kirschner  
<sup>1,5,†</sup> & A.H. Farnleitner <sup>1,3,†</sup>

*1 Wasserqualität und Gesundheit, Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften, Krems*

*2 Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Forschungsbereich Ingenieurhydrologie E222/2, TU Wien*

*3 Mikrobiologie & Molekulare Diagnostik E166/5/3, Fakultät Technische Chemie, TU Wien*

*4 Institut für Hygiene und Angewandte Immunologie - Wasserhygiene, Medizinische Universität Wien*

*5 Institut für Hygiene und Angewandte Immunologie - Wassermikrobiologie, Medizinische Universität Wien*

*56 Abteilung Wasserwirtschaft (WA2), Amt der NÖ Landesregierung, 3109 St.Pölten*

*† ICC Water & Health - Interuniversity Cooperation Centre Water & Health*

# Ausgangspunkt

18.02.2019

## KURIER

Insider packt aus: "Ich hab' die Fäkalien in die Donau gepumpt"

Fäkalien in der Donau: Wachau ist der Hotspot. Minister macht jetzt Druck.



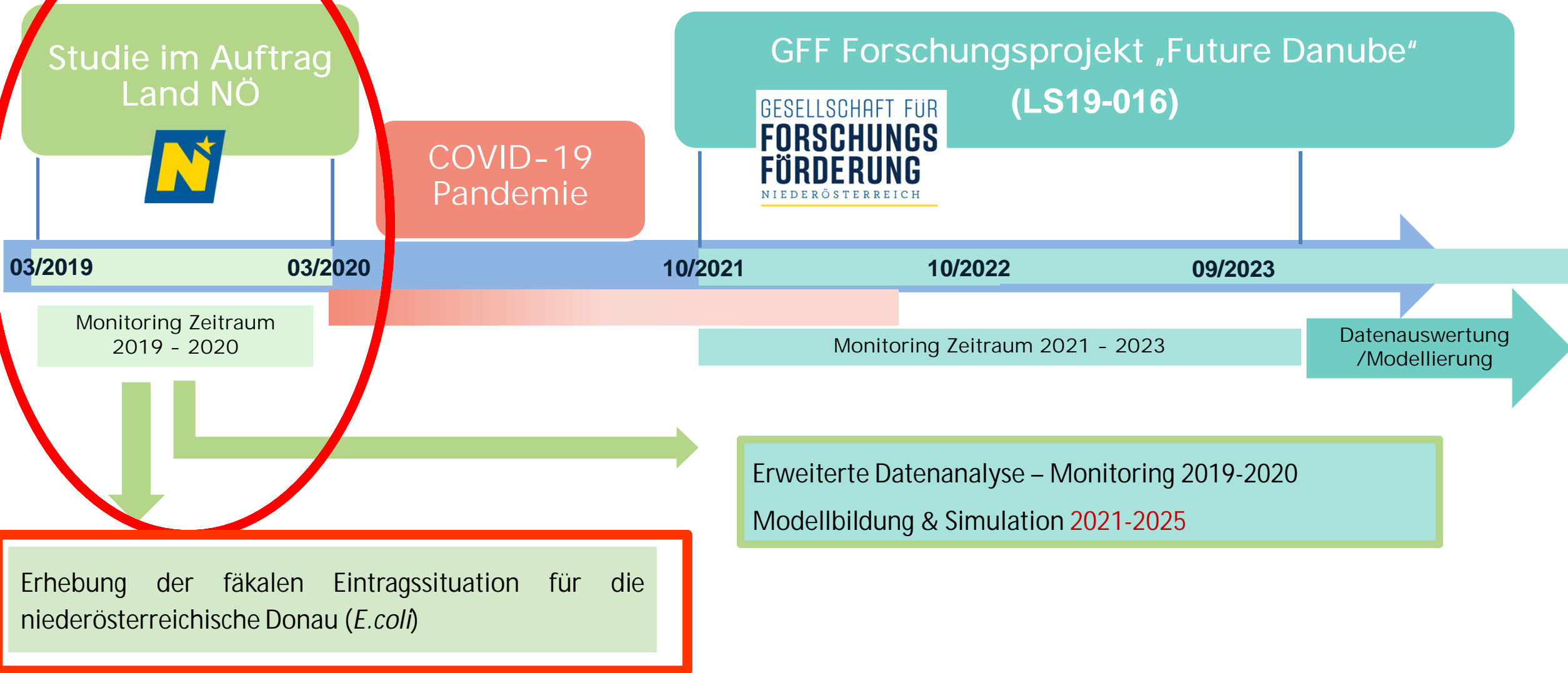
<https://kurier.at/chronik/niederoesterreich/insider-packt-aus-ich-hab-all-es-in-die-donau-gepumpt/400410044>



keine Daten & Untersuchungskonzept



# zeitlicher Rahmen



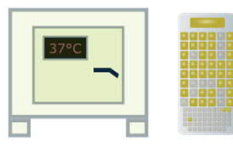
# Das neu entwickelte Konzept

## Wasserqualitäts-Analyse

## Schiffs-Daten-Erhebung



### Fäkale mikrobiologische Belastungssituation

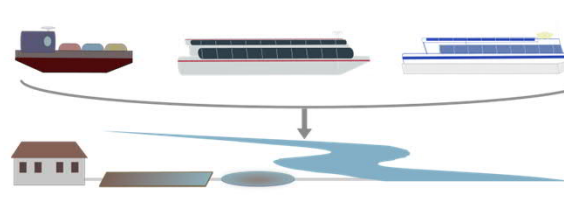


pollution level class	log(E.coli) MPN / 100 mL
low	< 2
median	2-3
critical	3-4
strong	4-5
excessive	> 5

### Stat. Zusammenhangsanalyse



### Theoretisches Emissionspotenzial

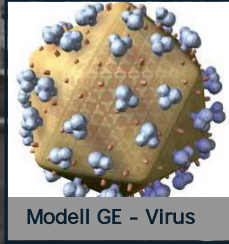


# Beispiel: Mögliche Krankheitserreger im Abwasser?

## Virenpartikel (15 – 80 nm)



Hep. A Virus



Modell GE - Virus

- Konzentration
- Infektionsdosis
- Persistenz
- Resistenz
- Größe
- etc...



50-55 x 22-24 µm

Wurmeier

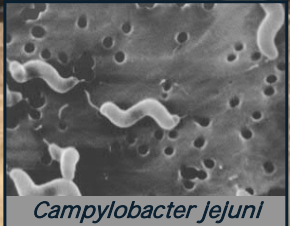
## Würmer (>20µm)



Länge: 180-380 µm

## Einzeller (4 - 20 µm)

(4 - 20 µm)



*Campylobacter jejuni*

## Bakterien (0,5 – 4 µm)

(0,5 – 4 µm)



Bakterien Sporen



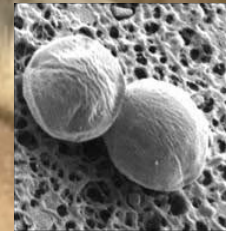
*Vibrio cholerae*



Giardia



Protozoen „Dauerformen“

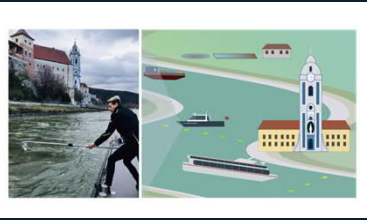


Oozysten *C.p.*

wasserübertragbare  
fäkalbürtige  
Infektions- bzw.  
Krankheitserreger

“Bedeutung  
&  
Eigenschaften“

EXKURS 1



# Methodik: Wasserqualitäts-Analyse

## Probenentnahme & Monitoring Design

- 11 Probenahme-Transekte
- 4 Paare oberhalb/unterhalb Schiffsanlegestellen
- 5 Probenahme-Punkte im Querprofil
- monatliche Intervalle (03/2019 – 03/2020)



## Chemophysikalische Basis-Charakterisierung

**pH, Temp, Leitfähigkeit,**  
**COD, P<sub>total</sub>, N<sub>total</sub>, NH<sub>4</sub>-N**

## mikrobiologische Fäkalindikatoren

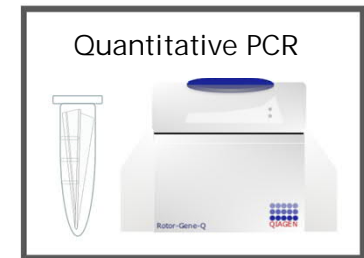
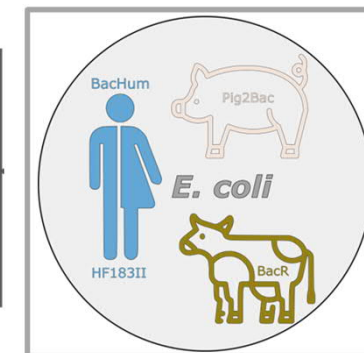
***E. coli*** – „*der Standard*“

(ISO 9308-2, n = 665)

„Verursacheranalyse/Source-Tracking“

**genetische Fäkalmarker**

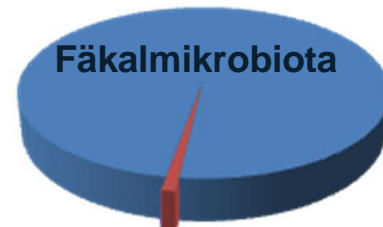
HF183II, BacHum, BacR, Pig2Bac (n = 100)



# Mikrobiologische Fäkalindikatoren - Erfolgsgeschichte der letzten 130 Jahre

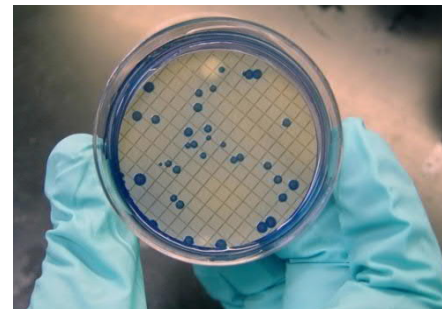


Quelle: sadovod-rk-eu



fakultative  
Anaerobier

Kultivierung

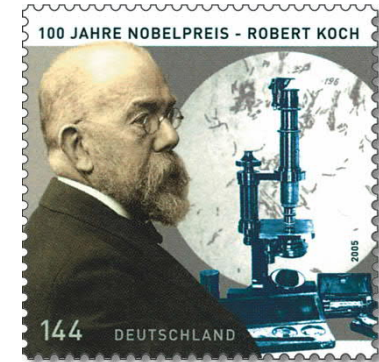


Fäkalindikatoren

## *E. coli* & Co

- + *E. coli* (10.000.000 Kolonien/g Fäzes)
- + Enterokokken (1.000.000 Kol./g Fäzes)
- + *Clostridium perfringens* (Sporenbildner)
- + somatische Coliphagen (Virus)

- sensitive Verschmutzungszeiger
- standardisierte Verfahren (ISO)



Quelle: stock.adobe.com

EXKURS 2

# Die Ära der genetischen (MST) Fäkalmarker

= verursacher-assoziierte anaerobe Fäkalbakterien



Quelle: sadovod-rk-eu



gesamte  
Zellfraktion



Aufreinigung

Lagerung



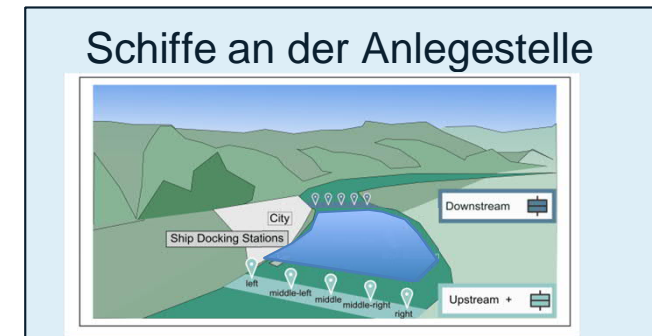
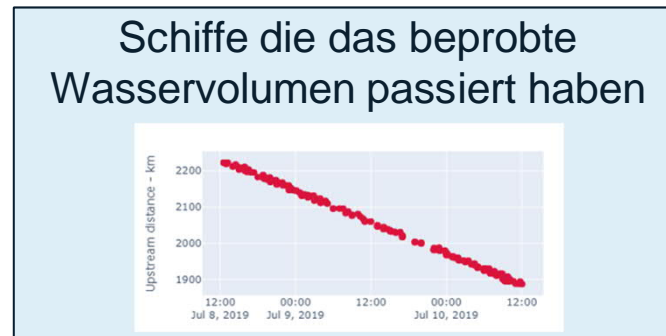
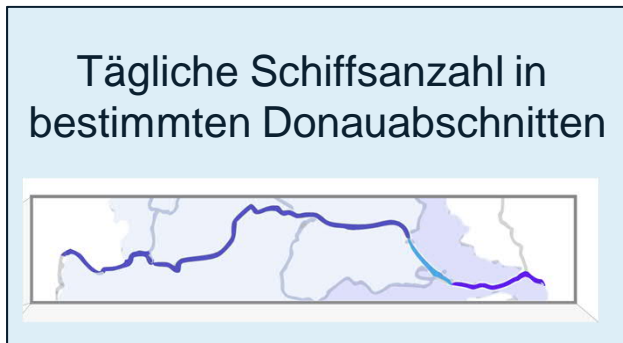
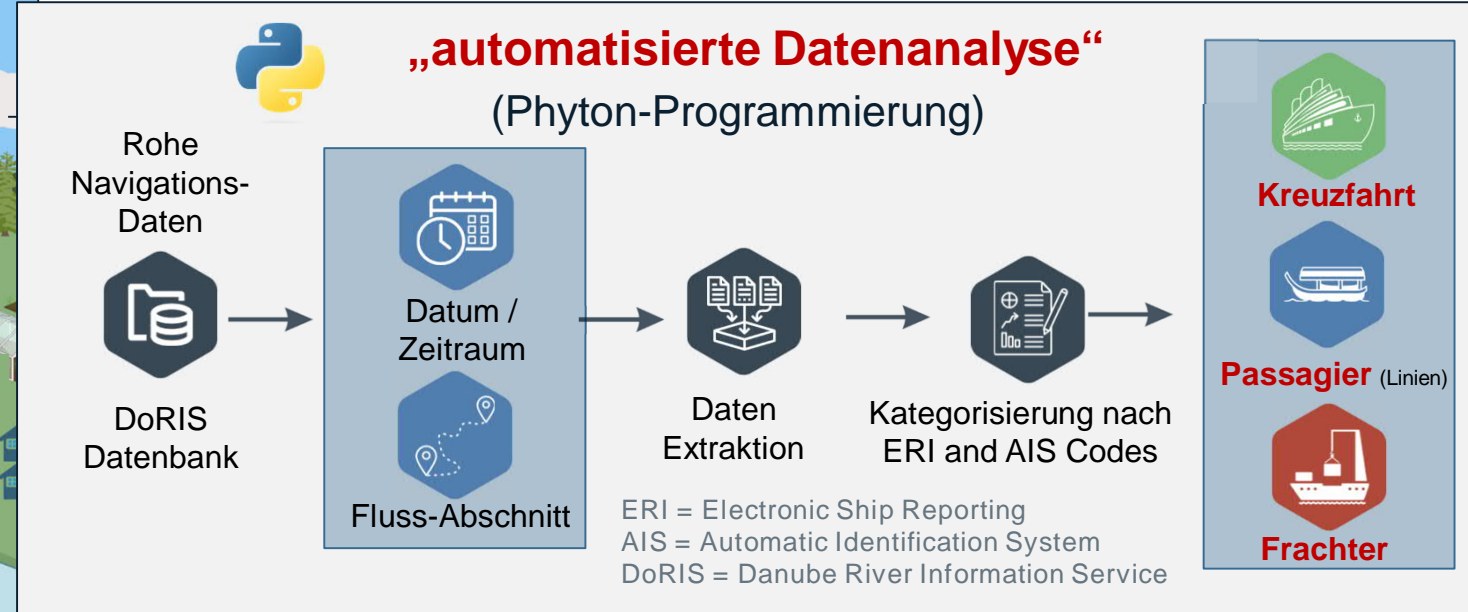
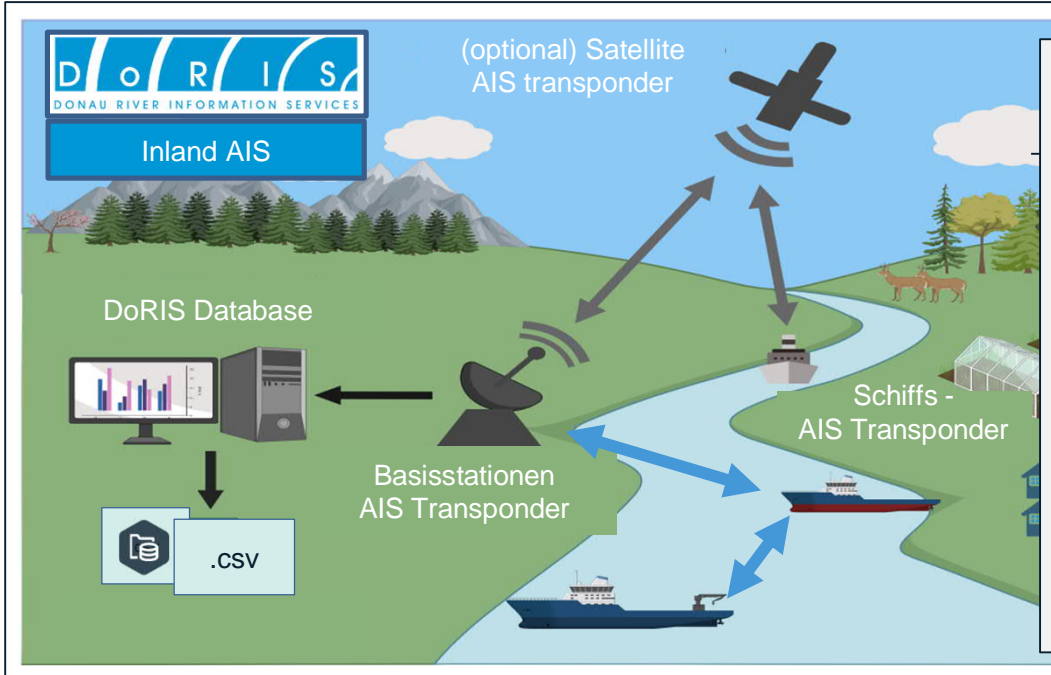
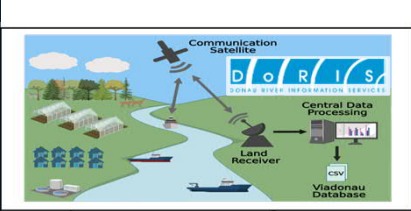
PCR - Analyse

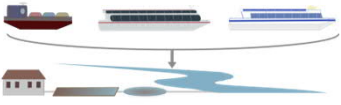
- ✓ hohe Konzentrationen in Abwässern
- ✓ verursacher-assoziiert (Mensch vs. Tier)
- ✓ DNA-Rückstellproben (-80 ° C)
- tot/lebend/inaktiv ("DNA -Persistenz")

Quantifizierung spezifischer  
DNA-Abschnitte

EXKURS 3

# Entwicklung „Schiffsdaten-Erhebungs-Tool“





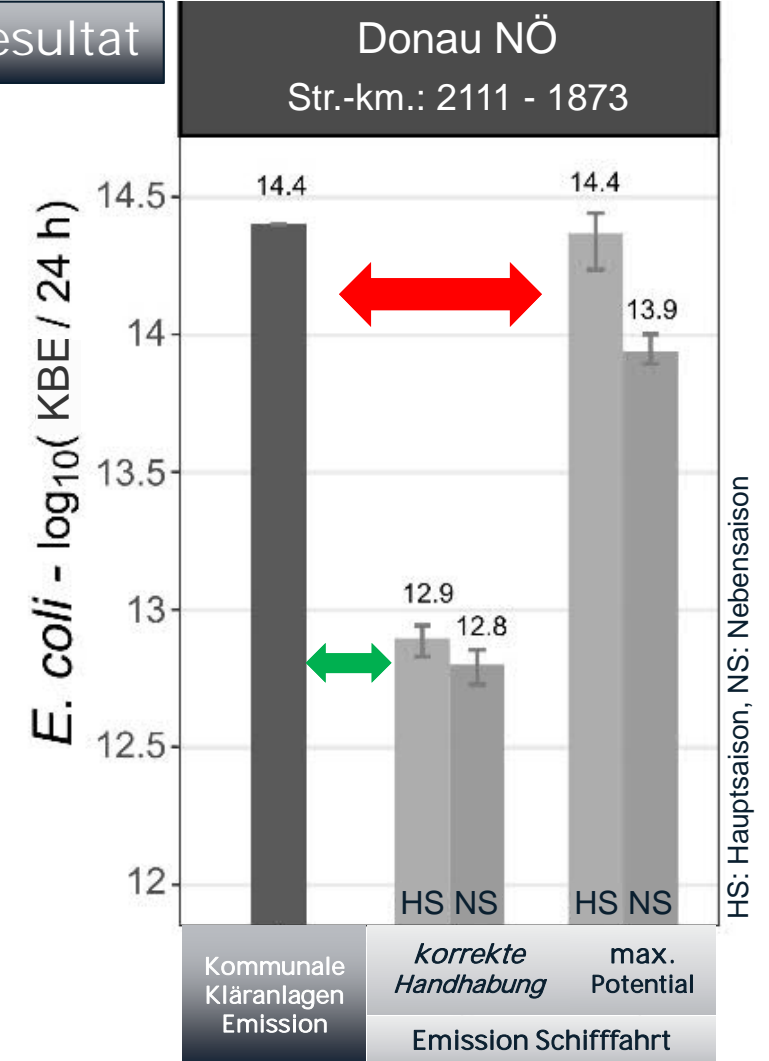
# Theoretisches Emissionspotential: Vergleich der fäkalen Eintragsquellen

## Kommunale ARA vs. Eintragsszenarien Schiffe

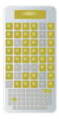
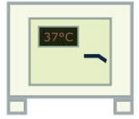


### Vergleichende Analyse der Emissionen in Donau/NÖ

#### Resultat



## Fäkale Belastungssituation



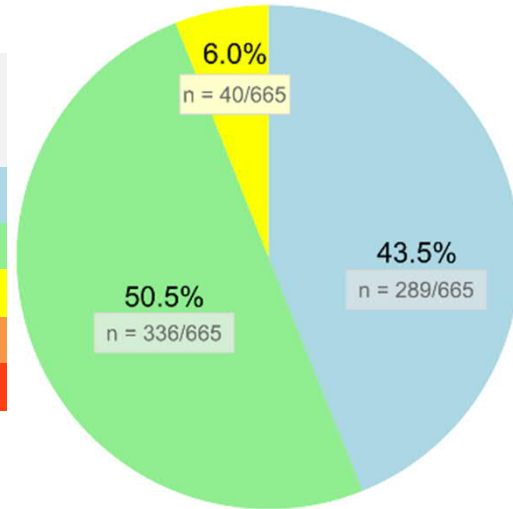
pollution level	log(E.coli)
class	MPN / 100 mL
low	< 2
median	2-3
critical	3-4
strong	4-5
excessive	> 5

# Status-quo der fäkalen mikrobiologischen Belastung (2019-2020)

Klassifizierung nach Kavka et al. 2006

Fäkale Belastung	<i>E. coli</i> [MPN/100 ml]	$\log_{10}$ [MPN/100 ml]
gering	≤ 100	≤ 2
moderat	> 100 - 1.000	> 2-3
kritisch	> 1.000 - 10.000	> 3-4
stark	> 10.000 - 100.000	> 4-5
exzessiv	> 100.000	> 5

number of samples	$\log_{10}(E. coli)$ per 100 mL			
	min	median	mean	max
665	0.9	2.1	2.2	3.4

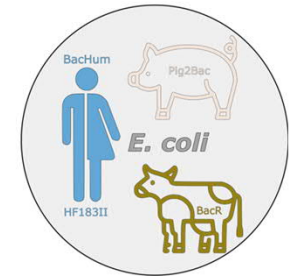
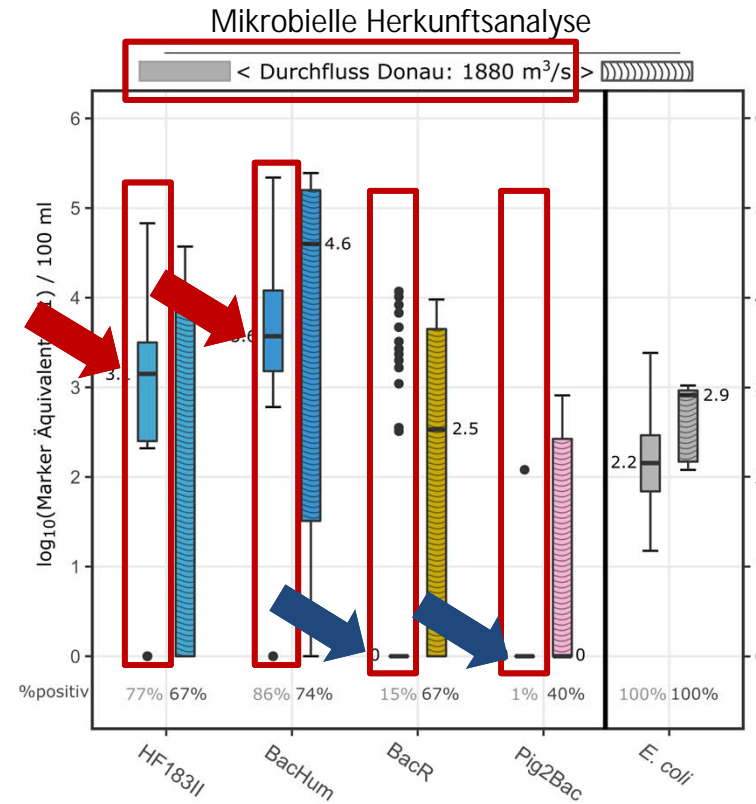


Geringe/moderate Belastung (94%):

→ urbaner Fluss

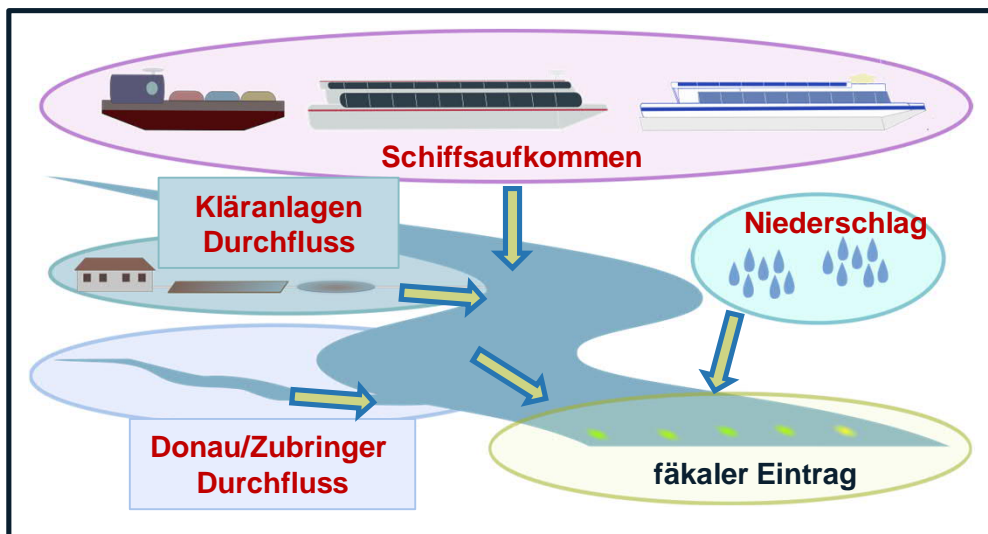
Kritische Belastung (6%):

→ Ursache?



→ human-fäkale Belastung dominierend (Basisabfluss)

# Status-quo der fäkalen mikrobiologischen Belastung (2019-2020) – Korrelationen?



## Korrelation (Spearman – Rho Wert)

	Regen	Durchfluss		Kläranlagen durchfluss		
	Lokal 3-Tage	Donau	Zubringer	an Donau < 36 km	36 - 90 km	Zubringer < 90 km
<b><i>E. coli</i></b> ermittelte Konzentration	<b>0.33</b>	<b>0.48</b>	<b>0.3</b>	n. s.	n. s.	<b>0.3</b>

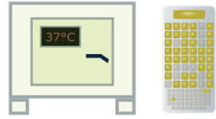
n.s. = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

		Schiffe					
		< 2 h Fließzeit 1 m/s 2 m/s		< 8 h Fließzeit 1 m/s 2 m/s		< 16 h Fließzeit 1 m/s 2 m/s	
<b><i>E. coli</i></b> Konzentration		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
		Kreuzfahrt-Schiffe					
<b><i>E. coli</i></b> Konzentration		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
		Linien-Schiffe					
<b><i>E. coli</i></b> Konzentration		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
		Fracht-Schiffe					
<b><i>E. coli</i></b> Konzentration		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

n. s. = nicht signifikant ( $p > 0.05$ )

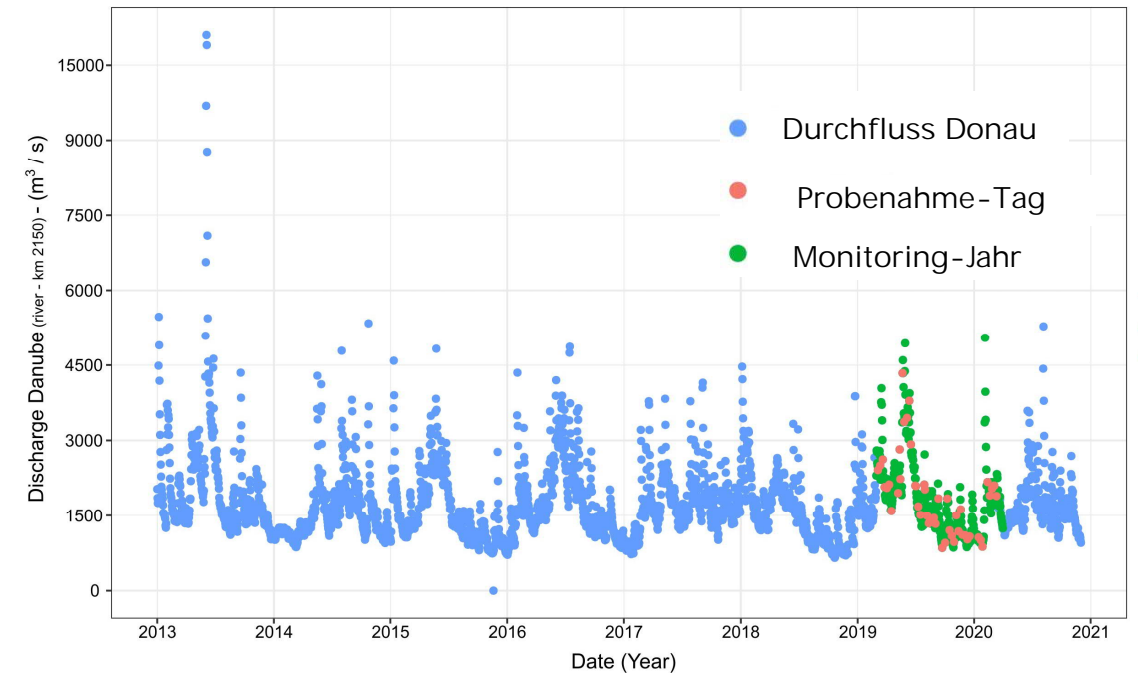
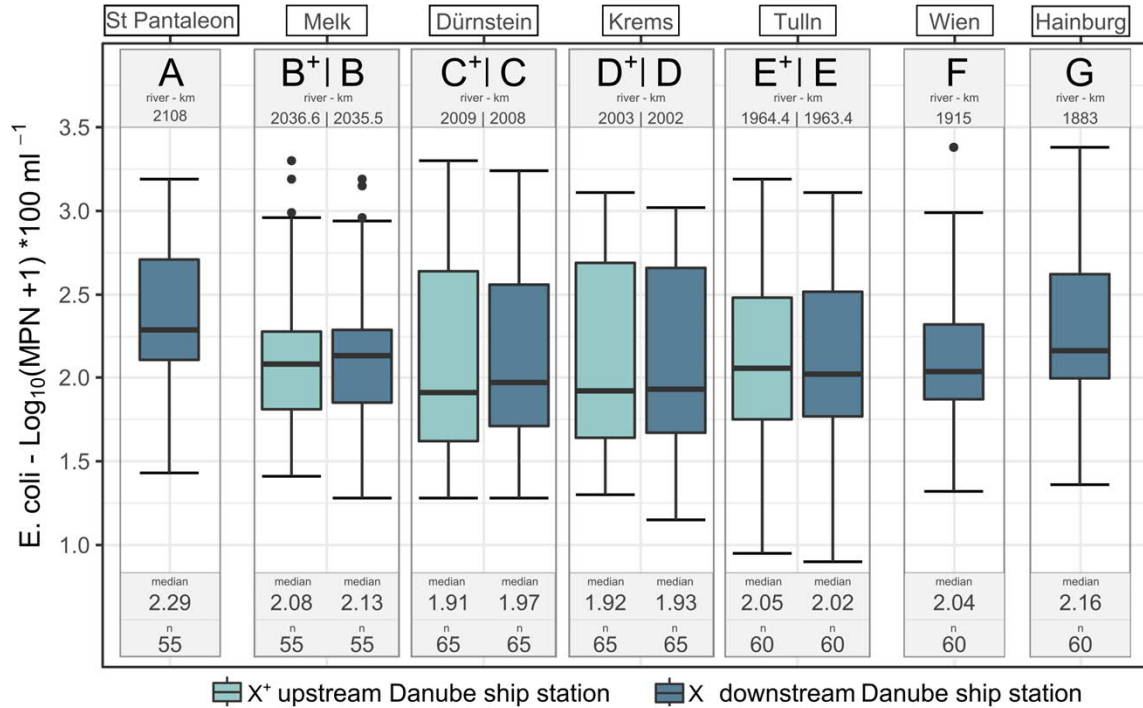
**Keine statist. Zusammenhang: Schiffsaufkommen vs. fäkaler Belastung der NÖ-Donau (2019-2020)**

# Fäkale Belastungssituation



pollution level	log(E.coli)
class	MPN / 100 mL
low	< 2
median	2-3
critical	3-4
strong	4-5
excessive	> 5

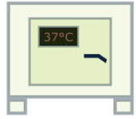
# Status-quo der fäkalen mikrobiologischen Belastung (2019-2020)



kein Unterschied im Längsverlauf

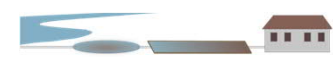
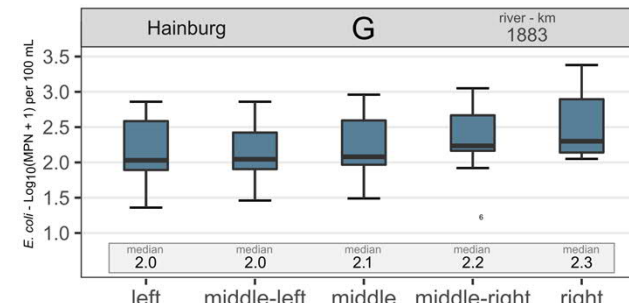
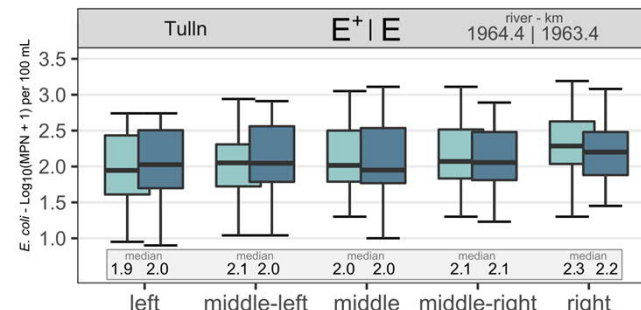
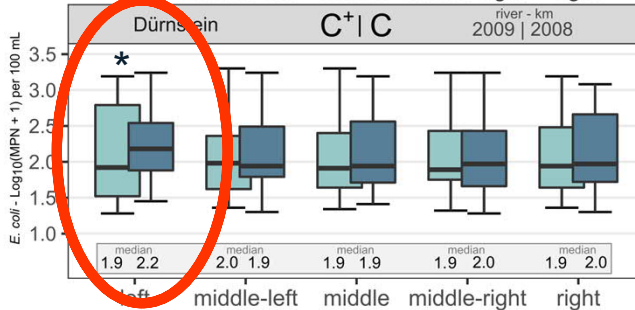
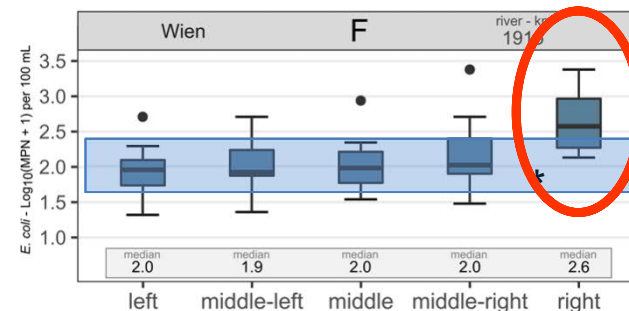
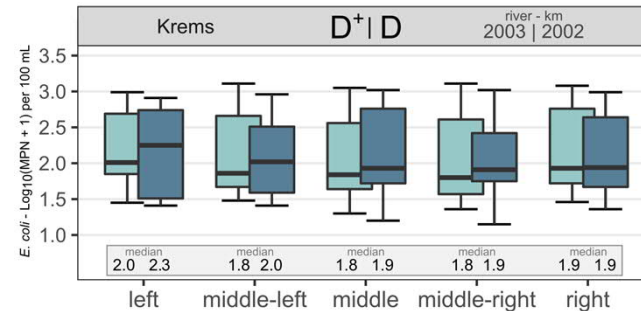
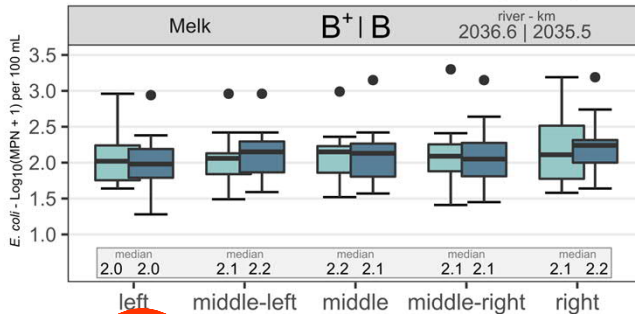
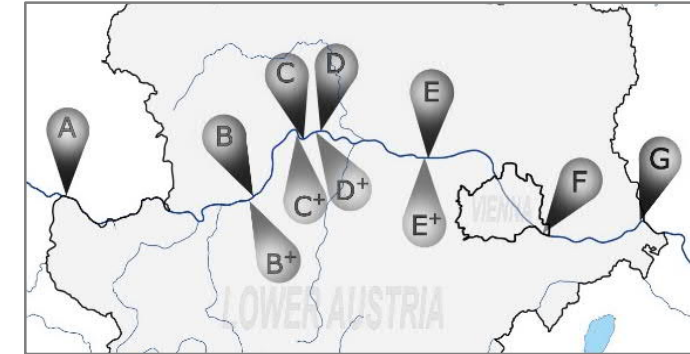
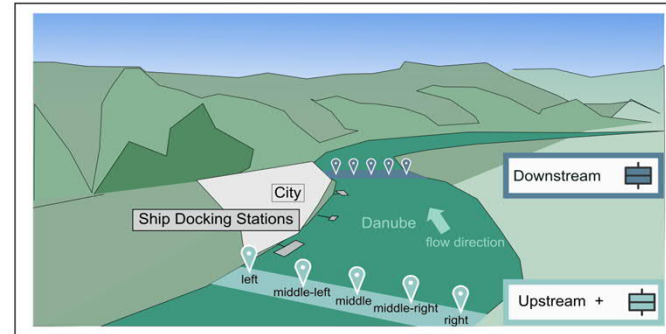
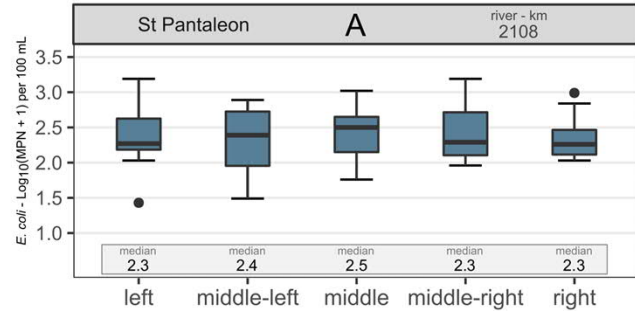
Untersuchungsjahr hydrologisch repräsentativ (Pegel Kienstock)

# Fäkale Belastungssituation



pollution level	log(E.coli)
low	< 2
median	2-3
critical	3-4
strong	4-5
excessive	> 5

# Status-quo der fäkalen mikrobiologischen Belastung – **hochauflösende Untersuchung!**

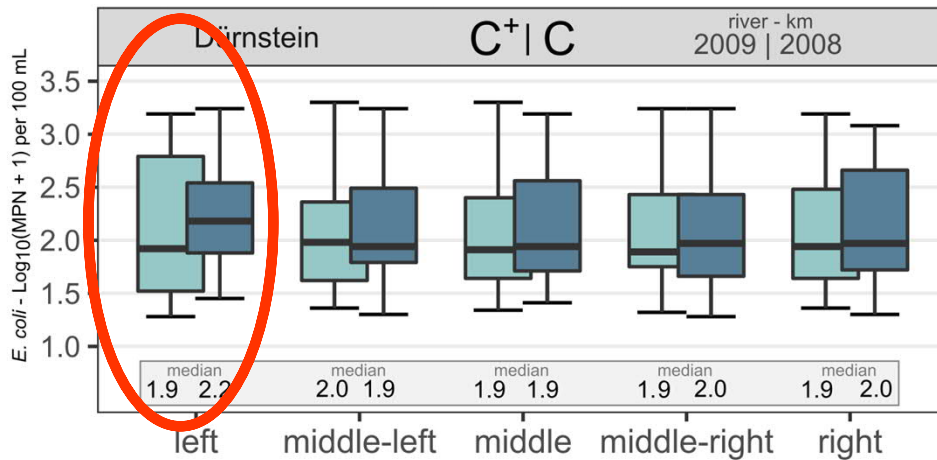
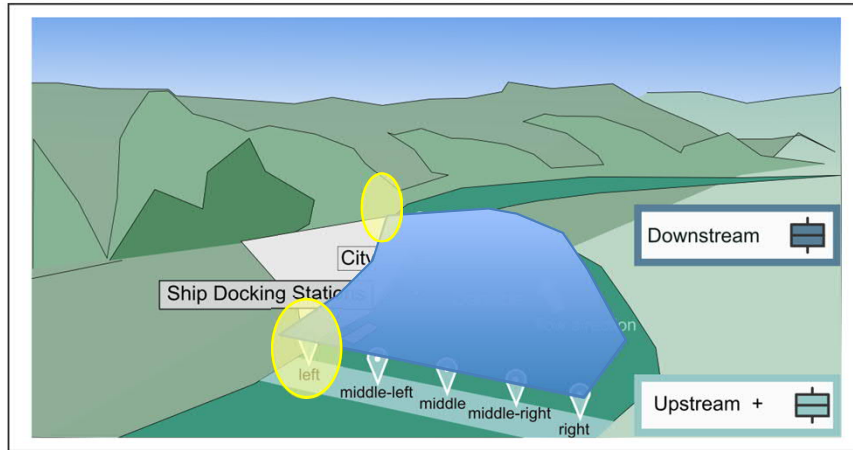


EBS Wien  
• 6.5 km stromaufwärts

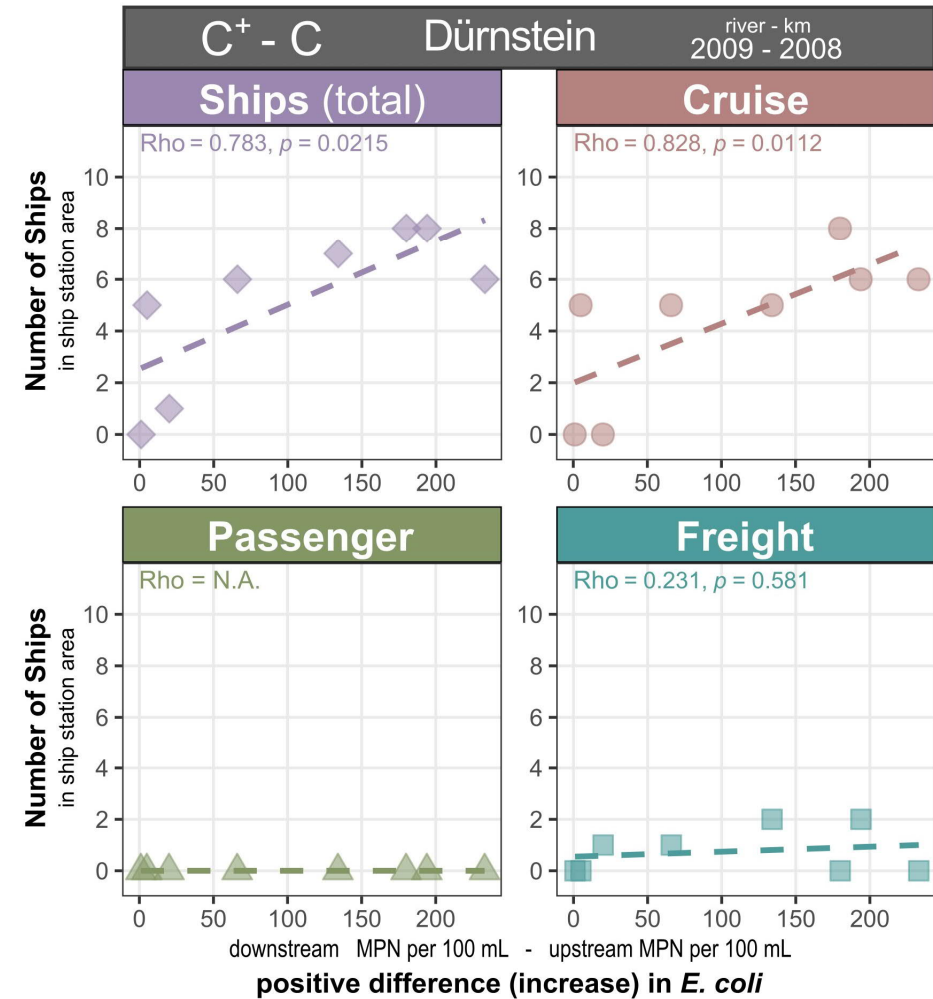


**Unterschiede oberhalb/unterhalb Anlegestelle? Unterschiede im Querverlauf der Transekte?**

# Einfluss Schiffsanlegestellen: höchste Sensitivität der neuen Methodik!



?



## → **Neue integrative Untersuchungsmethodik erfolgreich etabliert**

- Satelliten–basierte Potentialanalyse Schiffe (Emissionen)
- hochauflösende Feldanalysen (Standard + genetische Verfahren)
- statistische Zusammenhangsanalysen
- **höchst sensitives Verfahren!**

## → **Großes Verschmutzungspotential von Schiffen!**

- **Bedeutung der ordnungsgemäßen Entsorgung**
- Aufklärung und Schulung des Board-Personals
- im Untersuchungszeitraum kein Hinweis auf nicht–ordnungsgemäße Entsorgung (2019-2020)
- bei erhöhten Durchflüssen/Niederschlägen signifikante Einträge der kommunalen Abwasserentsorgung möglich

## → **Kontrollen/Monitoring weiterhin durchgeführt**

- ausgewählte Donau-Stellen
- Stichproben bei Schiffen (Technik-Abwasserreinigungsanlagen)

## → **„Blick in die Zukunft“**

- GFF-Forschungsprojekt
- modelltechnische Szenarien-Betrachtung (bis 2100)
- Schiffe & globaler Wandel

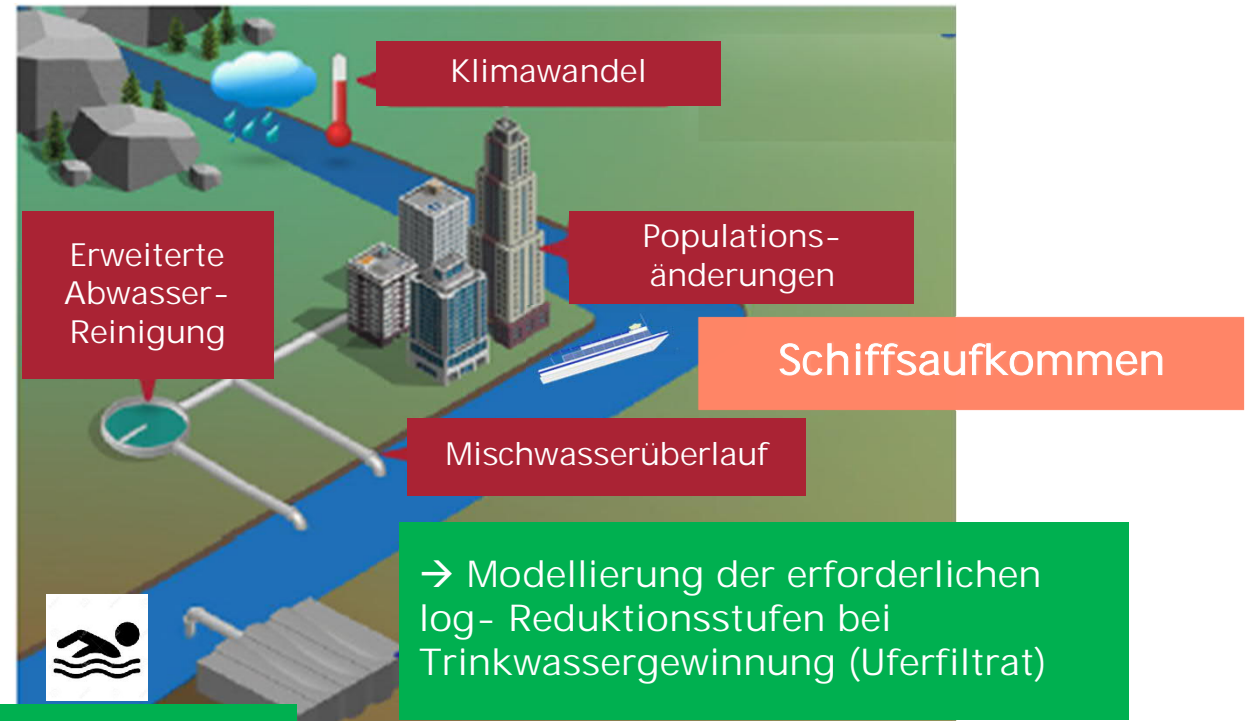
## Vorhersage zukünftiger Trends in der gesundheitsbezogenen mikrobiologischen Wasserqualität von Flüssen in einer sich stark verändernden Welt

→ Probennahme  
(10/2021 – 09/2023)



### Auswirkung neue EU-RL „KARL“ (kommunale ARA)?

→ Modellierung der Badewasserqualität / Infektionsrisiko beim Schwimmen



# Danksagung



DANKE für Ihre Aufmerksamkeit!

This study was funded by GFF Niederösterreich mbH (LS19-016 Future Danube) and the Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung Wasserwirtschaft (WA2). Great thanks to our collaboration partners from the government of Lower Austria and the Austrian shipping inspectorate. We thank Günther Konheisner (WA2) and viadonau GmbH for data provision.



# Studien/Berichte

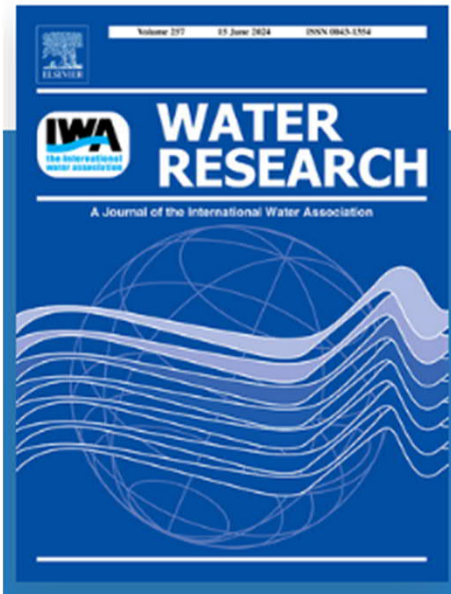


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Water Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)



## Assessing the impact of inland navigation on the faecal pollution status of large rivers: A novel integrated field approach

Sophia D. Steinbacher<sup>a,c,1,2</sup>, Ahmad Ameen<sup>b,1,2</sup>, Katalin Demeter<sup>c,1</sup>, David Lun<sup>b</sup>, Julia Drex<sup>b,1</sup>, Gerhard Lindner<sup>c,1</sup>, Regina Sommer<sup>c,1</sup>, Rita B. Linke<sup>c,1</sup>, Claudia Kolm<sup>a,1</sup>, Karen Zuser<sup>a</sup>, Martina Heckel<sup>f</sup>, Andrea Perschl<sup>f</sup>, Günter Blöschl<sup>b</sup>, Alfred P. Blaschke<sup>b,1</sup>, Alexander K.T. Kirschner<sup>a,d,1,\*</sup>, Andreas H. Farnleitner<sup>a,c,1,\*</sup>

<sup>a</sup> Division Water Quality and Health, Department of Pharmacology, Physiology, and Microbiology, Karl Landsteiner University of Health Sciences, Dr.-Karl-Dorrek-Straße 30, A-3500 Krems an der Donau, Austria

<sup>b</sup> Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management E222, TU Wien, Karlsplatz 13, A-1040 Vienna, Austria

<sup>c</sup> Institute for Hygiene and Applied Immunology, Water Hygiene, Medical University of Vienna, Kinderspitalgasse 15, A-1090 Vienna, Austria

<sup>d</sup> Institute for Hygiene and Applied Immunology, Water Microbiology, Medical University of Vienna, Kinderspitalgasse 15, A-1090 Vienna, Austria

<sup>e</sup> Institute of Chemical, Environmental and Bioscience Engineering, Microbiology and Molecular Diagnostics E166/S/3, TU Wien, Gumpendorferstraße 1a, A-1060 Vienna, Austria

<sup>f</sup> Abteilung Wasserwirtschaft (WA2), Government of Lower Austria, A-3109 St. Pölten, Landhausplatz 1, Haus 2, Austria

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Faecal pollution from ships  
Inland automatic identification system data (AIS), Pollution source profiling  
Faecal indicator bacteria  
Genetic microbial source tracking, large navigable rivers

### ABSTRACT

The contribution of ships to the microbial faecal pollution status of water bodies is largely unknown but frequently of human health concern. No methodology for a comprehensive and target-orientated system analysis was available so far. We developed a novel approach for integrated and multistage impact evaluation. The approach includes, i) theoretical faecal pollution source profiling (PSP, i.e., size and pollution capacity estimation from municipal vs. ship sewage disposal) for impact scenario estimation and hypothesis generation, ii) high-resolution field assessment of faecal pollution levels and chemo-physical water quality at the selected river reaches, using standardized faecal indicators (cultivation-based) and genetic microbial source tracking markers (qPCR-based), and iii) integrated statistical analyses of the observed faecal pollution and the number of ships assessed by satellite-based automated ship tracking (i.e., automated identification system, AIS) at local and regional scales. The new approach was realized at a 230 km long Danube River reach in Austria, enabling detailed understanding of the complex pollution characteristics (i.e., longitudinal/cross-sectional river and upstream/downstream docking area analysis). Faecal impact of navigation was demonstrated to be remarkably low at regional and local scale (despite a high local contamination capacity), indicating predominantly correct disposal practices during the investigated period. Nonetheless, faecal emissions were sensitively traceable, attributable to the ship category (discriminated types: cruise, passenger and freight ships) and individual vessels (docking time analysis) at one docking area by the link with AIS data. The new innovative and sensitive approach is transferable to any water body worldwide with available ship-tracking data, supporting target-orientated monitoring and evidence-based management practices.



SCAN ME



**Mikrobiologische Wasserqualität**  
**über die Bedeutung von Wasser**  
**Abwasser** **Schiffahrt**  
**Wasserschutz**

**DANKE FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT!**

S.D. , D. Lun <sup>2</sup>, J. Derx <sup>2,†</sup>, G. Lindner <sup>4,†</sup>, R. Sommer <sup>4,†</sup>,  
R. Linke <sup>3</sup>, , A. Perschl <sup>6</sup>, G. Blöschl <sup>2</sup>, A.P. Blaschke <sup>2,†</sup>, A.K.T. Kirschner <sup>1,5,†</sup>  
& A.H. Farnleitner <sup>1,3,†</sup>

- <sup>1</sup> *Wasserqualität und Gesundheit, Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften, Krems*
- <sup>2</sup> *Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Forschungsbereich Ingenieurhydrologie E222/2, TU Wien*
- <sup>3</sup> *Mikrobiologie & Molekulare Diagnostik E166/5/3, Fakultät Technische Chemie, TU Wien*
- <sup>4</sup> *Institut für Hygiene und Angewandte Immunologie - Wasserhygiene, Medizinische Universität Wien*
- <sup>5</sup> *Institut für Hygiene und Angewandte Immunologie - Wassermikrobiologie, Medizinische Universität Wien*
- <sup>6</sup> *Abteilung Wasserwirtschaft (WA2), Amt der NÖ Landesregierung, 3109 St.Pölten*
- <sup>†</sup> *ICC Water & Health - Interuniversity Cooperation Centre Water & Health*