

WaBoLu Fortbildungstagung für Wasserfachleute
Berlin, 07.-09.11.2017

Hygienische Aspekte des Flussbadens

Prof. Dr. Thomas Kistemann

Institut für Hygiene und Public Health der Universität Bonn
WHO Collaborating Centre for Health Promoting Water Management

Flussbaden in Deutschland I

- Vielgestaltige Nutzung von Flüssen war lange selbstverständlich
- In der Antike wurde Baden in natürlichen Gewässern wahrgenommen als „*therapeutic acts in blue space*“ (Foley u Kistemann 2015)
- Neue Popularität seit der Aufklärung
- Seit den 1760er Jahren: Badeboote auf Flüssen in ganz Europa modern
- Obrigkeit: Verbote des öffentlichen Badens mit dem Argument der Gefahr und des Unmoralischen
- starker v.a. studentischer Widerstand in deutschen Universitätsstädten: Göttingen, Jena, Halle, Erlangen, Heidelberg, ...
- Um die Bewegung zu kontrollieren, wurden zunächst offizielle Badestellen für Studenten eröffnet (z.B. Göttingen 1819, Jena 1842)
- wildes Baden der Bevölkerung andererseits drakonisch bestraft

Flussbaden in Deutschland II

- In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts (romantische Wiederentdeckung der Natur als Kontrast zur Stadt) wurde eine Vielzahl von öffentlichen Bädern entlang der Flussläufe eingerichtet
- Höhepunkt des Flussbadens zu Beginn des 20. Jahrhunderts

Historisches Flussbaden: Berlin

- 1850 erstes städtisches Flussbad in der Spree in Betrieb genommen: Badeprahm in der Nähe der Waisenbrücke
- Zahlreiche weitere innerstädtische Flussbadeanstalten im Spreehauptarm
- 1877 wurden die Flussbadeanstalten in Berlin so beschrieben: „*Dass die Flussbadeanstalten Berlins wenig entwickelt sind, liegt vorzugsweise an den Wasserverhältnissen der Spree ...*“
- sieben „Volksbäder“, drei größere Fluss-Bade-Anstalten
- 1925 beschloss der Magistrat von Berlin die Schließung aller städtischen Flussbäder im Gebiet von Alt-Berlin aus hygienischen Gründen (Bohm 1961)

Niedergang des Flussbadens

- Bevölkerungswachstum, Urbanisierung, Industrialisierung:
Flüsse verlieren ihren natürlichen Charakter
- Uferbefestigungen, Industrie- und Hafenanlagen, Flußregulierungen,
Intensivierung des Schiffstransports
- Flüsse verschwanden aus der öffentlichen Wahrnehmung
- Wasserläufe als Vorfluter der zentralisierten Abwasserentsorgung:
heute in D ca. 9.500 Kläranlagen, $1.0 \times 10^{10} \text{ m}^3$ behandeltes Abwasser/
Jahr = 1/4 des jährlichen Rheinabflusses
- Flussbaden wurde im 20. Jahrhundert zunehmend als unsicher,
unhygienisch und unmodern wahrgenommen
- seit der Zwischenkriegszeit Eröffnung zahlreicher städtischer Freibäder
- Die meisten Flussbadeanstalten “aus hygienischen Gründen”
geschlossen
- Schweiz: Kontinuität des Flussbadens seit 125 Jahren

Baldeneysee (Essen)

- Im Ruhrverlauf erbaut 1931-1933
- 4 m tief, 2.6 km² Oberfläche
- Flusreinigung durch Sedimentation
- Rohwasserentnahme für die Trinkwassergewinnung
- Im Oberlauf Kläranlagen und Mischwasserentlastungen
- Energiegewinnung
- **Badenutzung:**
 - 1937: Flussbad
 - 1952: Polioepidemie
Badeverbot im
Ruhrunterlauf
 - 1971: Baldeneybad
geschlossen
 - 1973: Badeverbot im
Ruhroberlauf

Flussbaden in Deutschland heute

- Nur noch 31 offizielle Flussbadestellen
- Hingegen >7.000 geflieste Freibäder
- NRW: nur 108 Freibadegewässer
d.h. 1 / 165.000 Einwohner (Durchschnitt D: ca. 1 / 40.000)
bis 2016 kein einziges Flussbad
- Nach 200 Jahren ist Flussbaden nahezu verschwunden
– wiederum mit Hygiene als wesentlichem Argument
- Europäische Badegewässerverordnung (2006)

| | A | B | C | D |
|---|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|
| | Parameter | Ausgezeichnete Qualität | Gute Qualität | Ausreichende Qualität |
| 1 | Intestinale Enterokokken (cfu/100 ml) | 200 (*) | 400 (*) | 330 (**) |
| 2 | Escherichia coli (cfu/100 ml) | 500 (*) | 1 000 (*) | 900 (**) |

(*) Auf der Grundlage einer 95-Perzentil-Bewertung. Siehe Anhang II.

(**) Auf der Grundlage einer 90-Perzentil-Bewertung. Siehe Anhang II.

Exkurs: Kriterien für Badegewässerqualität

- Logik des Indikatorprinzips aus der Trinkwasserüberwachung seit 150 Jahren: Erkennung jeglicher fäkalen Kontamination
- Übertragung des Konzepts auf Badegewässer erst seit etwa 60 Jahren
- es geht hierbei aber nicht um eine einfache ja/nein Entscheidung, sondern um die Definition eines „gesundheitlich tolerablen“ Grenzwertes – welches Risiko ist (gesellschaftlich) „akzeptabel“?
- die statistischen Beziehungen zwischen Konzentration von Indikatoren und Pathogenen sind inkonsistent, nicht zuverlässig, oft schwach (Kistemann et al. 2016)
- Gibt es eine robuste Beziehung zwischen einem Indikator und der Rate von Erkrankungen bei Badenden?
- Fäkale Kontamination in Badegewässern kleinräumig / zeitlich variabel
- Ergebnis: Variierende Konzepte in verschiedenen Ländern:
 - WHO, EU, Australien, Neuseeland: vier Qualitätskategorien + Badegewässerprofil / sanitary inspection category » Risikomatrix
 - USA, Kanada: geometrischer Mittelwert + stat. Schwellenwert

Abschätzung der Qualität von Badegewässern

Table 3

Quality assessments of recreational fresh water environments.

| Country/Institution | Year | Indicators | Quality Assessment | KBE/100 ml |
|--|------|------------------------|--|--|
| Annapolis Protocol/WHO approach WHO | 2003 | Intestinal enterococci | Estimated risk per exposure A: <1% GI risk, <0.3% AFRI risk B: 1–5% GI risk, 0.3–1.9% AFRI risk C: 5–10% GI risk, 1.9–3.9% AFRI risk D: >10% GI risk, >3.9% AFRI risk + Sanitary Inspection Category (very low – low – moderate – high- very high) » Classification matrix for faecal pollution of recreational water environments | 95th percentile ≤ 40 ≤ 200 ≤ 500 > 500 |
| EU/Commission | 2006 | E. coli | Bathing water quality Excellent Good Sufficient Poor | 95th ¹ /90th ² percentile ≤ 500 ¹ ≤ 1000 ¹ ≤ 900 ² > 900 ² |
| | | Intestinal enterococci | Excellent Good Sufficient Poor | ≤ 200 ¹ ≤ 200 ¹ ≤ 330 ² > 330 ² |
| North American approach USA/EPA | 2012 | E. coli | + bathing water profile review frequency depending on bathing water quality: every –/4/3/2 years | |
| | | Enterococci | Estimated GI rate: 36 ³ /32 ⁴ per 1 000 recreators Beach Action Value Geometric mean concentration Statistical Threshold Value | 235 ³ /190 ⁴ 126 ³ /100 ⁴ 410 ³ /320 ⁴ |
| | | | Beach Action Value Geometric mean concentration Statistical Threshold Value | 70 ³ /60 ⁴ 35 ³ /30 ⁴ 130 ³ /110 ⁴ |

Quelle: Kistemann, Schmidt & Flemming, IJHEH 2016

WHO Classification matrix for faecal pollution of recreational water environments

| | | Microbial Water Quality Assessment Category (95 th percentile intestinal enterococci/100 ml) | | | | Exceptional circumstances |
|---|-----------|--|-------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| | | A ≤40 | B 41–200 | C 201–500 | D >500 | |
| Sanitary Inspection Category (susceptibility to faecal influence) | Very low | Very good | Very good | Follow up ¹ | Follow up ¹ | Action |
| | Low | Very good | Good | Fair | Follow up ¹ | |
| | Moderate | Good ² | Good | Fair | Poor | |
| | High | Good ² | Fair ² | Poor | Very poor | |
| | Very high | Follow up ² | Fair ² | Poor | Very poor | |
| Exceptional circumstances | | Action | | | (Quelle: WHO 2003) | |

- Risikomanagement mittels HACCP empfohlen - Paradigmenwechsel von Endpunktkontrolle zur Prozesskontrolle!
- aus NOAEL-basierter Bewertung umfangreicher epidemiologischer Daten neue Grenzwerte für mehrere Indikatoren abgeleitet (Wiedenmann et al 2009)
- Länge, Art und Häufigkeit der Exposition berücksichtigen (WHO 2009)

Entwicklung der Flusswasserqualität

- In den letzten 50 Jahren wurden Umweltstandards und Anforderungen ständig erhöht
- Große und effektive Anstrengungen wurden unternommen, um die chemische Qualität von Flusswasser zu verbessern
- EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000) war hierbei ein effektiver Antrieb, Ziel: „guter ökologischer Zustand“
- Maßnahmen: Verbesserung der Kläranlagentechnologie, Uferrandstreifen, bessere Steuerung des landwirtschaftlichen Düngemitteleinsatzes, erhöhte Sicherheitsstandards der Industrie u.a.m.
- Ergebnis: deutlich verbesserte Gewässergüte, Gewässerstrukturgüte
- Hygienisch-mikrobiologische Wasserqualität blieb dahinter zurück
- „Guter ökologischer Zustand“ bedeutet nicht notwendigerweise auch „guter hygienischer Zustand“ (Kistemann & Claßen, 2003).

Flussbaden in Deutschland heute

FLUSSBAD BERLIN

GESELLSCHAFT
LOGBUCH PROJEKT WIR TERI

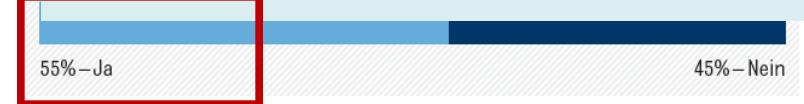
Das Projekt Flussbad Berlin

„Flussbad Berlin“ ist ein Stadtentwicklungsprojekt zur Reaktivierung des seit über 100 Jahren weitgehend ungenutzten Spreekanals im Herzen des historischen Berlins. Das Projekt gliedert den Spreekanal in drei Abschnitte unterschiedlicher Nutzung, Atmosphäre und Funktion.

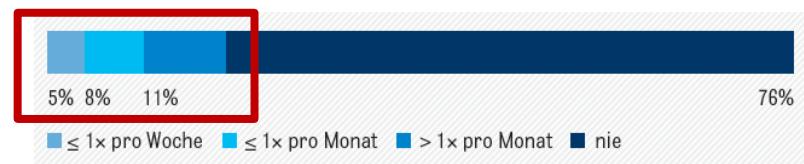


Befragung Ruhrgebiet 2012:

Gibt es eine Flussbadestelle in der Nähe Ihres Wohnortes?



Wie oft haben Sie dort in der letzten Saison gebadet?



„Blauer Himmel, blaue Ruhr“

Vor fünfzig Jahren versprach Willy Brandt, dass der Himmel über dem Ruhrgebiet wieder blau werden würde. Und er wurde blau. Was vielleicht auch ein Grund dafür ist, warum dort bis heute so heftig rot gewählt wird. Grün war es ohnehin schon immer im Ruhrgebiet, was man

Blauer Himmel, blaue Ruhr

Das Badeverbot für den einst so verdreckten Fluss soll fallen

bot aufrechtzuerhalten. Die Europäische Union erlässt zwar viele Verbote und Vor-

Projekt „Sichere Ruhr“ auch wie ein Be-schäftigungsprogramm. Es wird dafür

Netz von Messstellen soll nun Auskunft über die Wasserqualität geben. Das ist die eine Seite. Das Projekt „Sichere Ruhr“ trägt aber auch quasi-exoterische Züge. Man will von der Bevölkerung wissen, ob sie überhaupt im Fluss baden will. Um wenn ja, wie. Am vergangenen Wochenende

- Risikoabschätzung
- Risikowahrnehmung
- Geschichte, Rolle verschiedener Akteure
- Mögliche Maßnahmen
 - Reduktion der Emissionen
 - Überwachung
 - Frühwarnsysteme
- Partizipation: Was will die Bevölkerung?
- Entwicklung eines Konzepts zum Flussbaden



2010-2015

www.sichere-ruhr.de



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Baldeneysee bei Essen



Legend

- TP Water treatment plant
- REBEKA discharges

Land use

- Traffic area
- Industry
- Residential area
- Green space
- Agriculture
- Wood
- Waterbodies

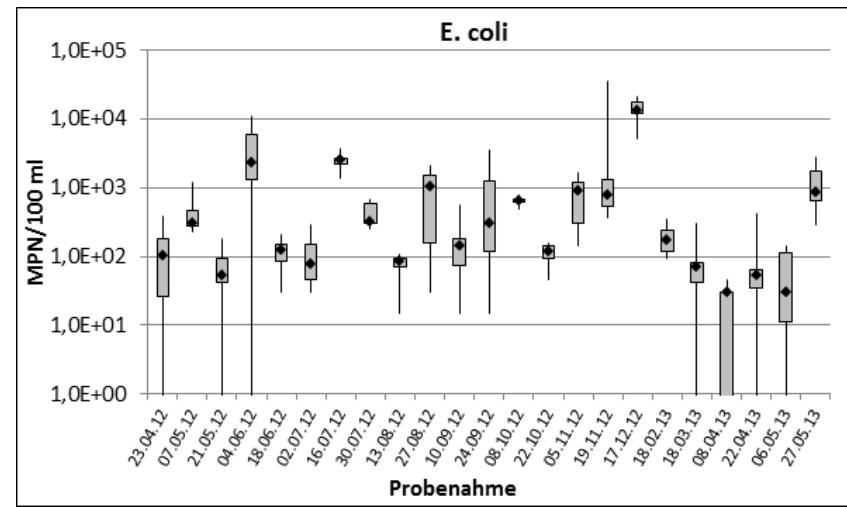
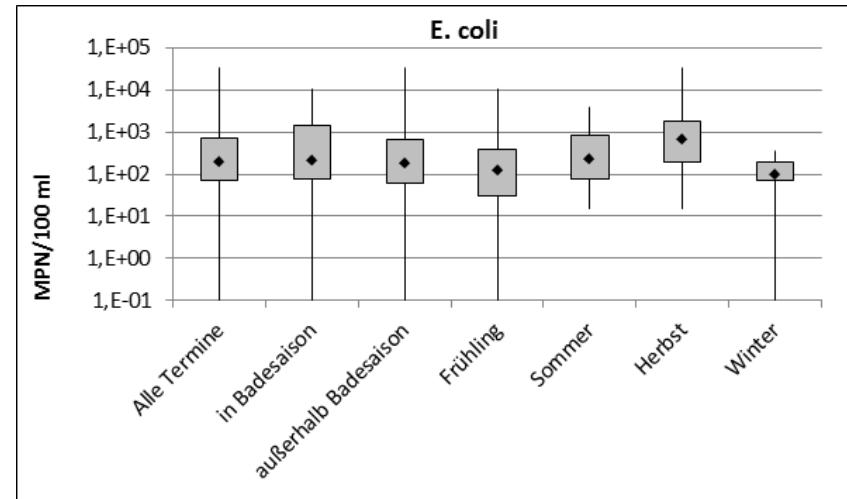
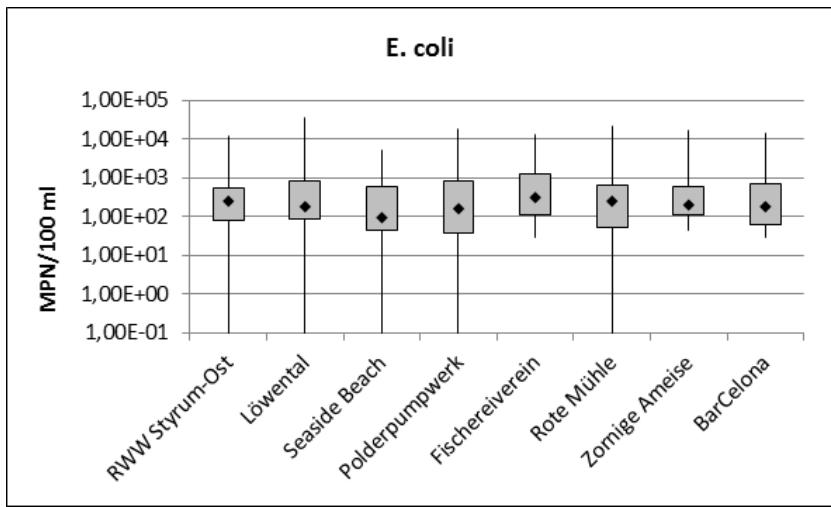


Kartographie & Layout:
IHPH - Universität Bonn

Data Source (2012):
Bezirksregierung Arnsberg, ESRI,
IWW, LANUV NRW,
Ruhrverband, Open street Map

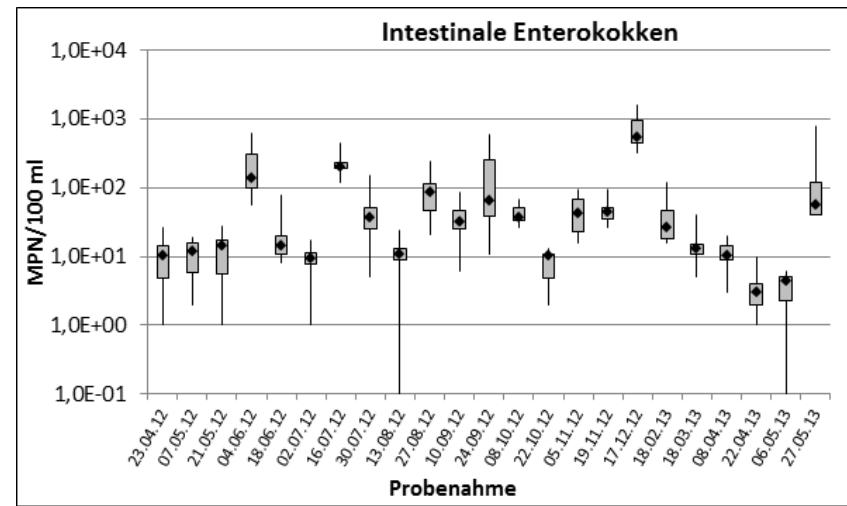
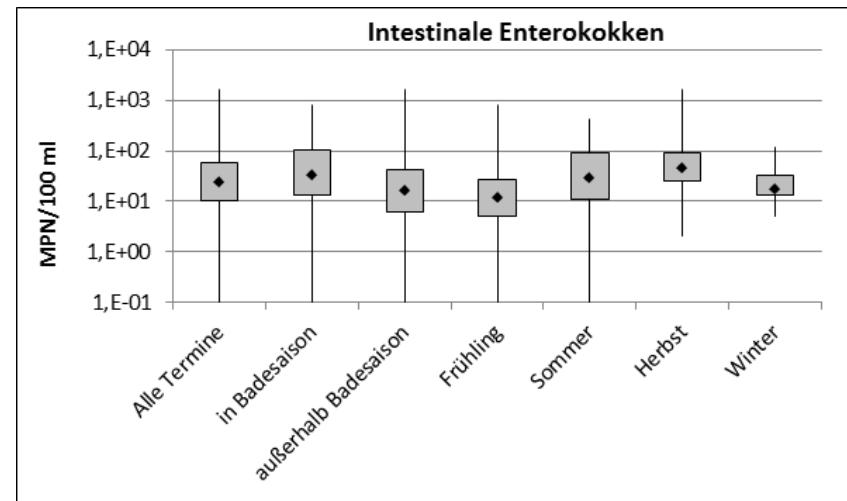
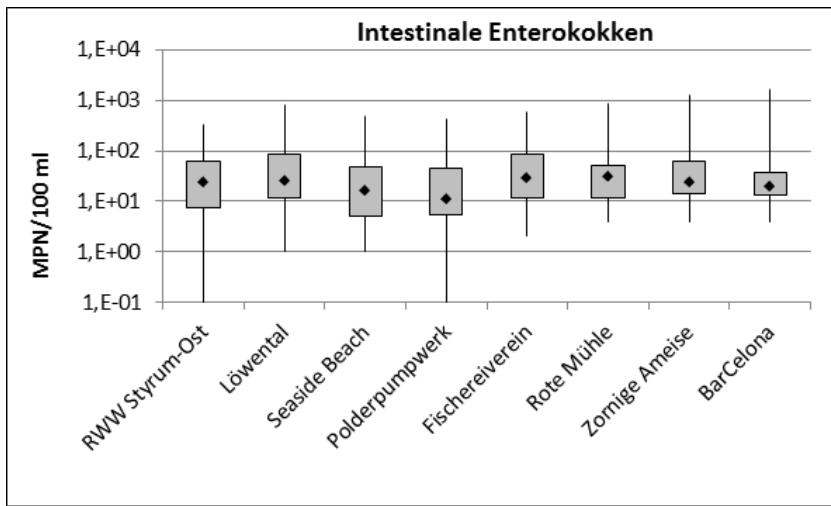
Probennahmen Sichere Ruhr

E. coli



Probennahmen Sichere Ruhr

Intestinale Enterokokken

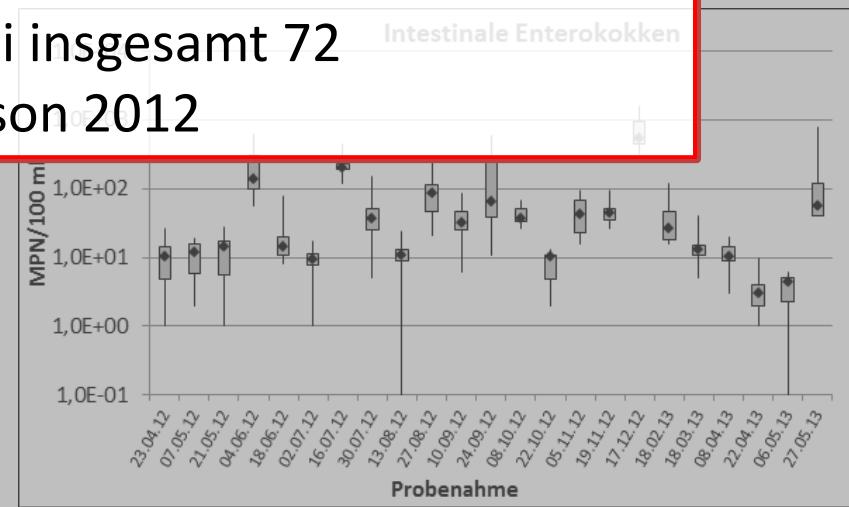
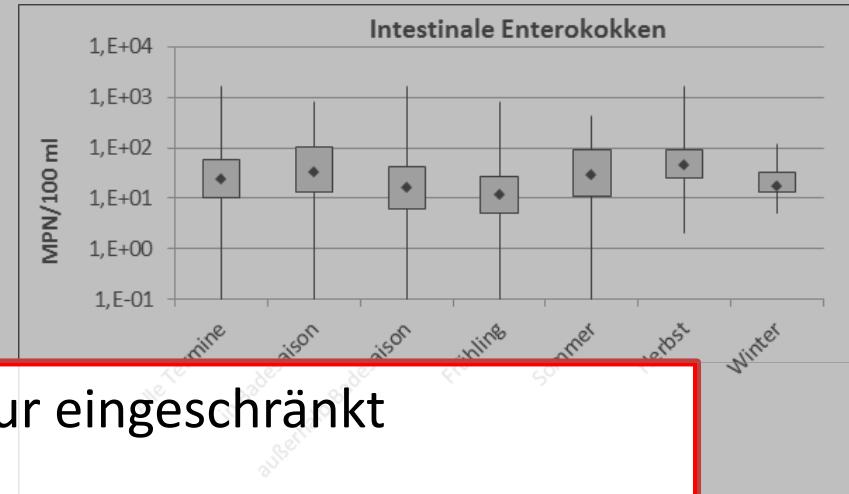
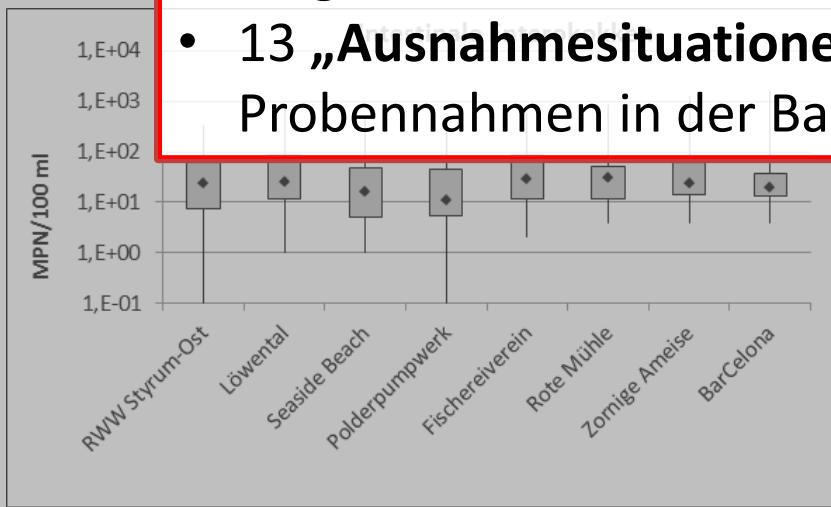


Probennahmen Sichere Ruhr

Intestinale Enterokokken

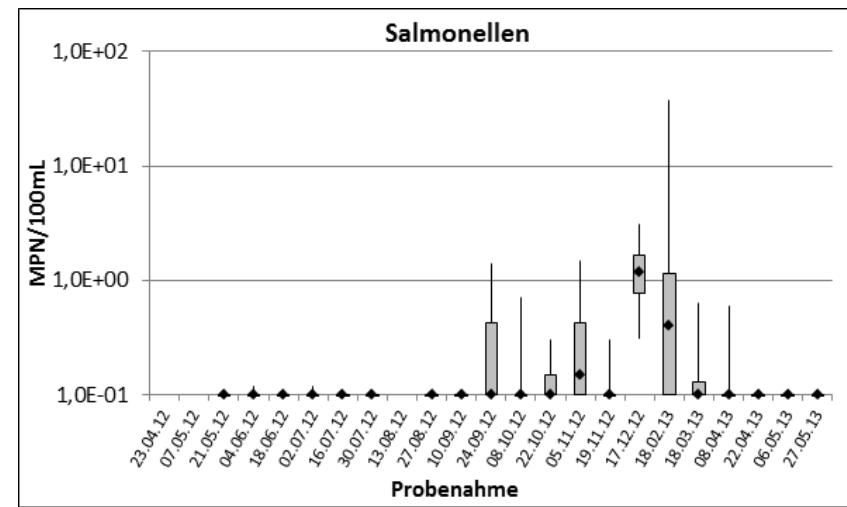
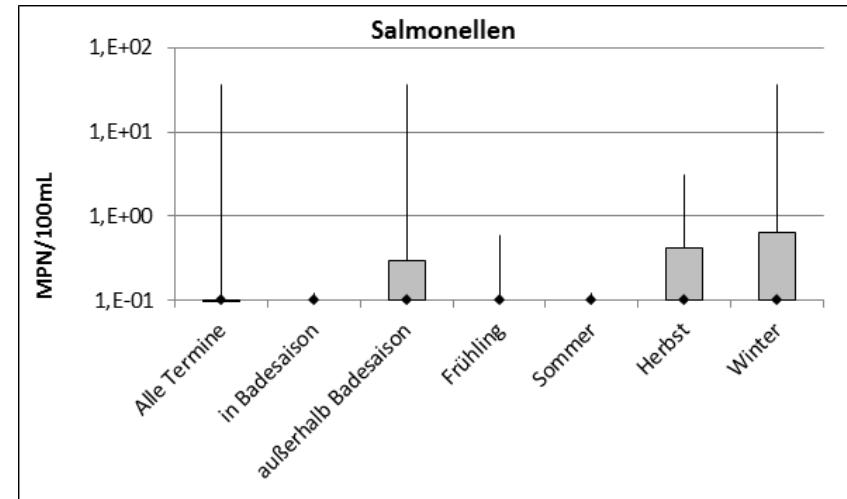
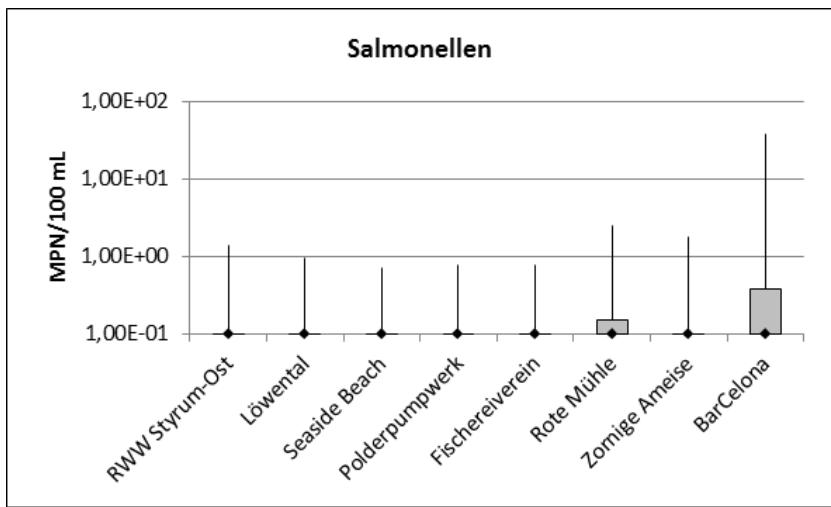


- Badegewässerrichtlinie kann nur eingeschränkt eingehalten werden.
- 13 „Ausnahmesituationen“ bei insgesamt 72 Probennahmen in der Badesaison 2012



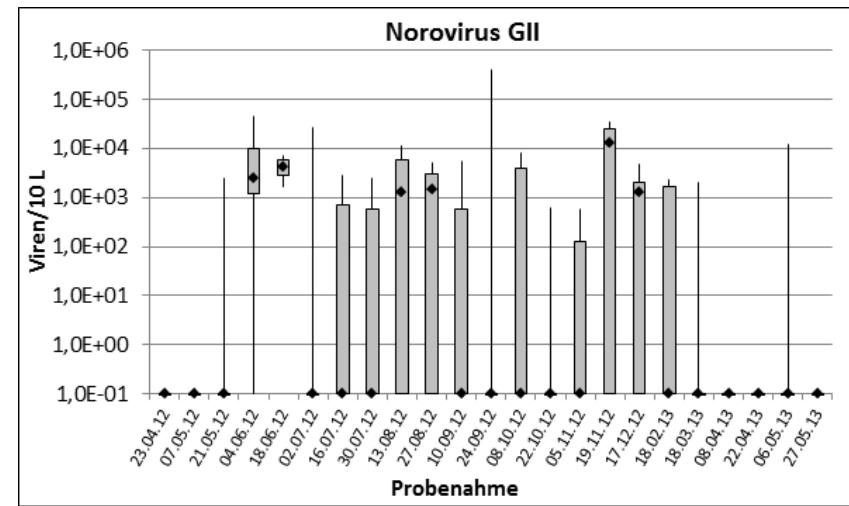
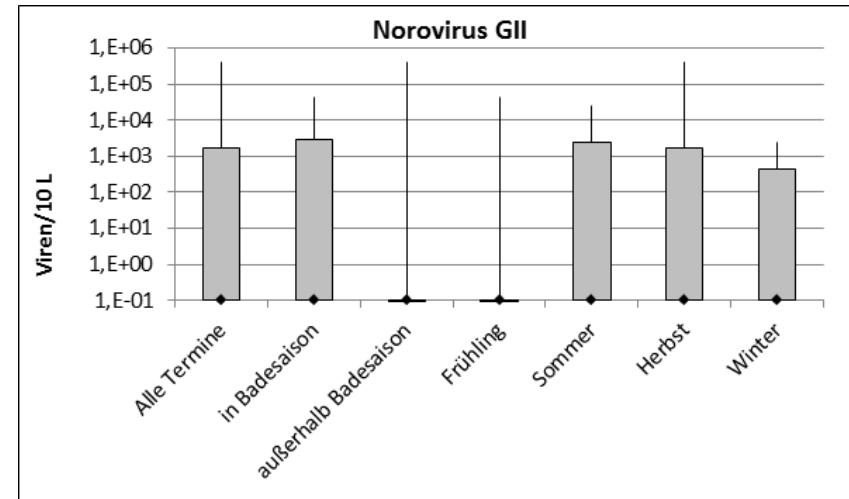
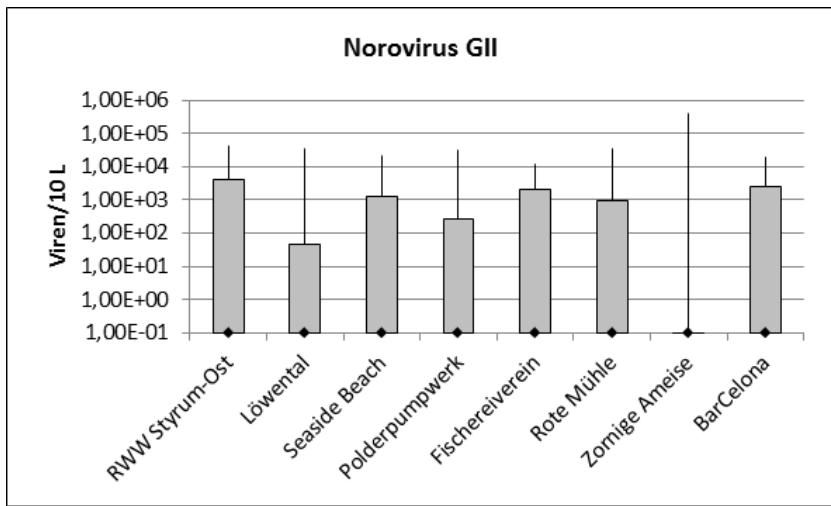
Probennahmen Sichere Ruhr

Salmonellen



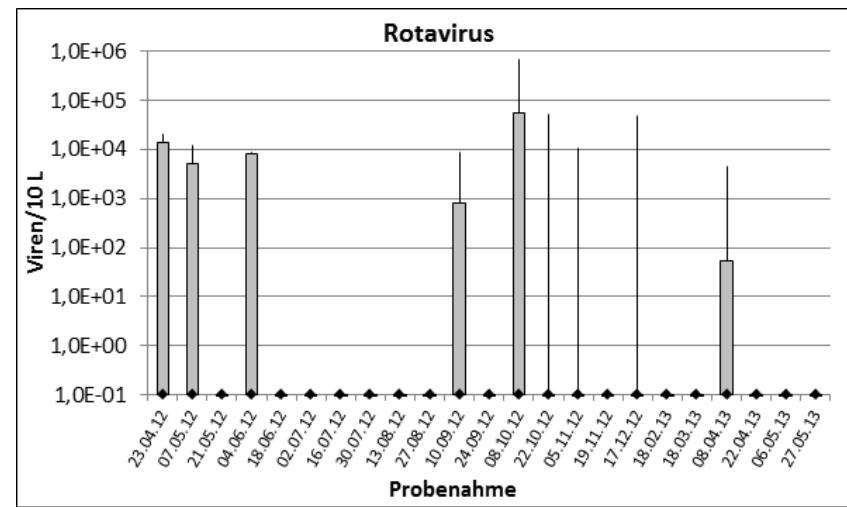
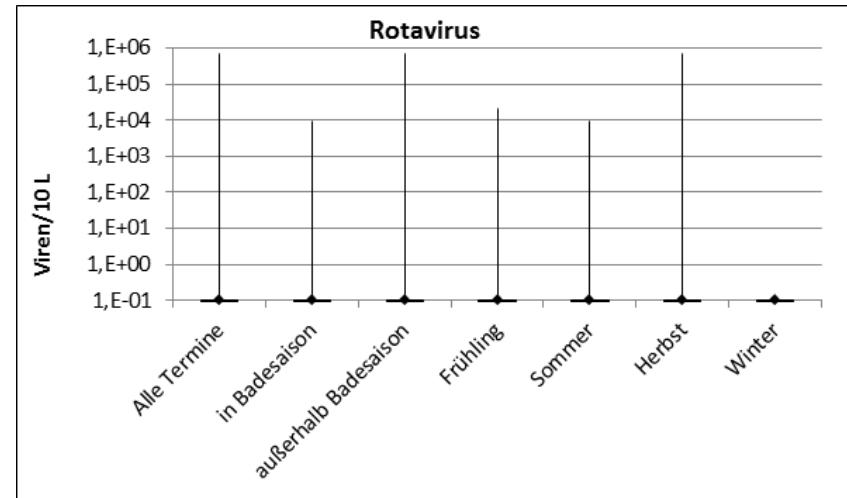
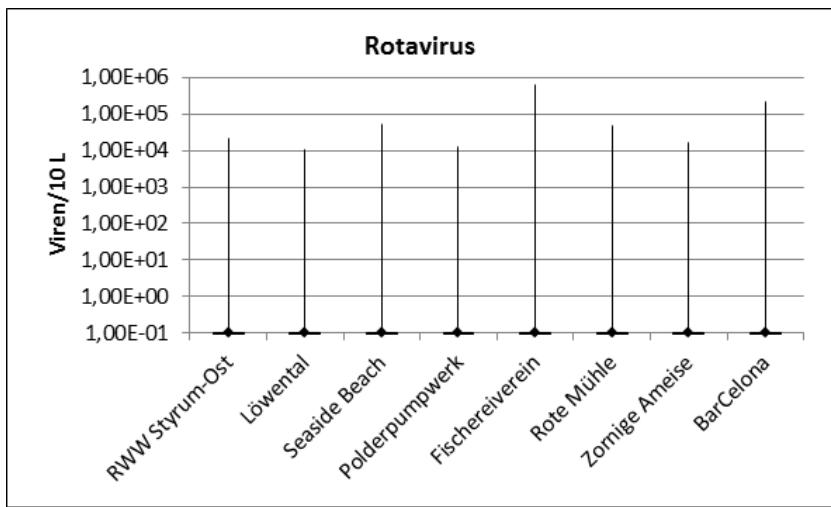
Probennahmen Sichere Ruhr

Norovirus GII



Probennahmen Sichere Ruhr

Rotavirus



Risiko: Eintrittswahrscheinlichkeit x Schadensausmaß

QMRA



Hazard
Identification



Dose
Response



Exposure
Assessment



Risk
Characterization



Risk
Management

→ Wahrscheinlichkeit einer Infektion / Erkrankung!



DALY

Disability Adjusted Life Years is a measure of overall disease burden, expressed as the cumulative number of years lost due to ill-health, disability or early death



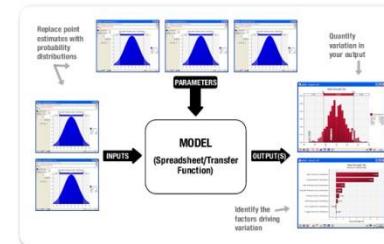
Healthy life



Disease or Disability



Expected life years
Early death



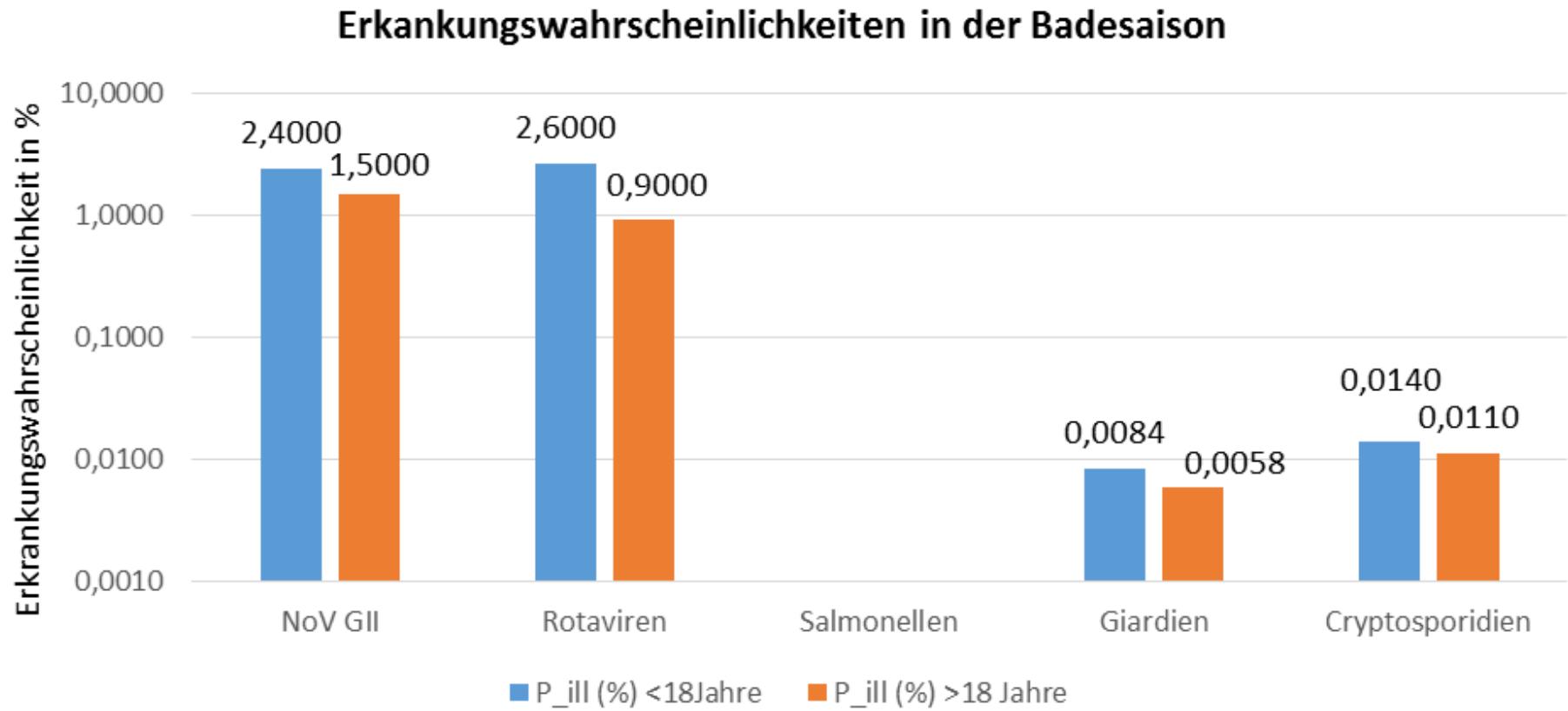
$$= \text{YLD} \quad \text{Years Lived with Disability}$$

$$+ \text{YLL} \quad \text{Years of Life Lost}$$

Quelle: Timm et al., IJHEH 2016

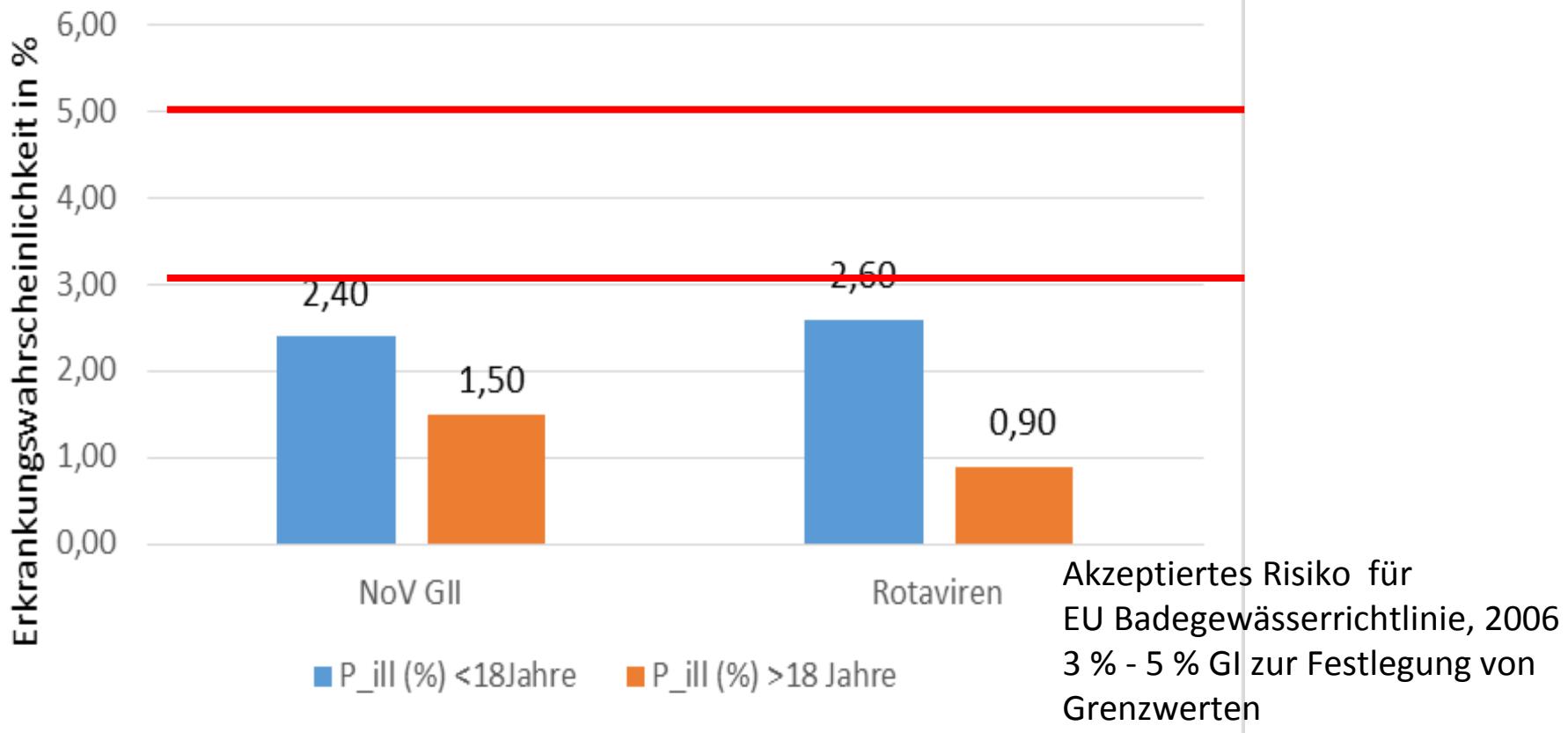
→ Schadensausmaß !

QMRA - Erkrankungswahrscheinlichkeiten



QMRA - Erkrankungswahrscheinlichkeiten

Erkrankungswahrscheinlichkeiten in der Badesaison in Relation zum akzeptierten Risiko



DALY-Schadensausmaß

DALY Berechnung

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD}$$

$$\text{YLL} = N \times L$$

N= Anzahl Todesfälle

L=verbliebene Lebenserwartung
im Sterbealter

$$\text{YLD} = I \times DW \times L$$

I= Anzahl Fälle

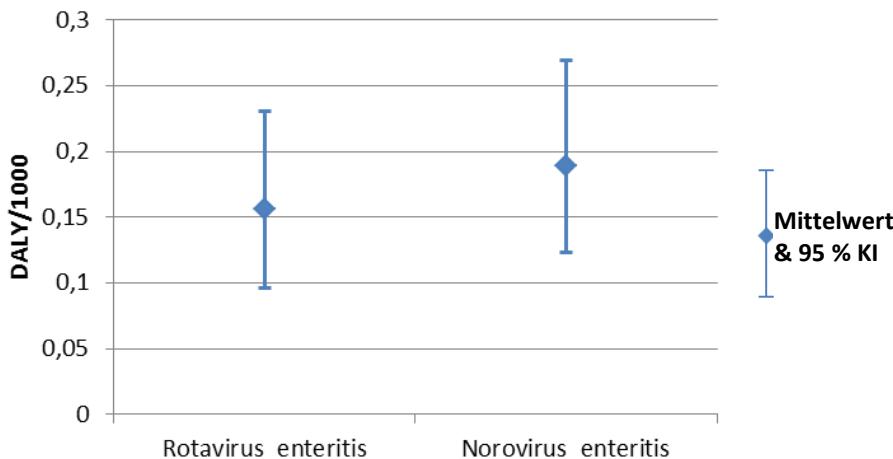
DW=Schwere der Behinderung

L= durchschnittliche Dauer der
Behinderung bis zur Heilung oder
Tod

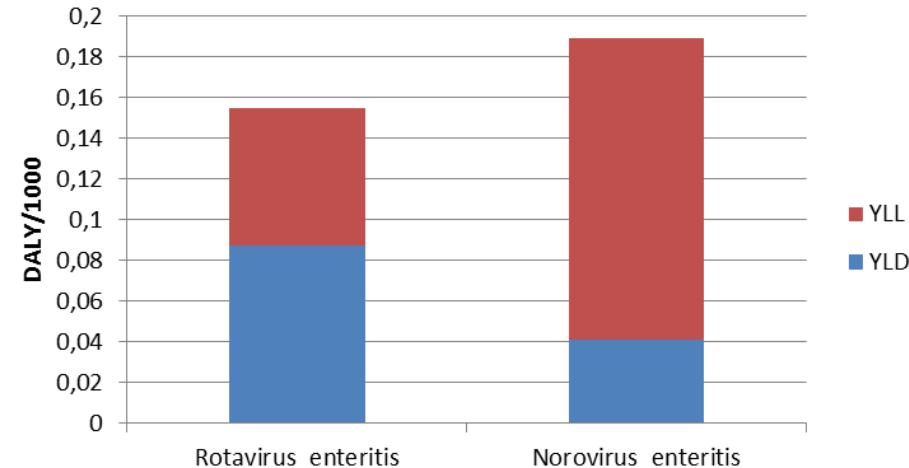
Notwendige Daten:

- Erkrankungswahrscheinlichkeit
- Statistische Daten
 - Letalität der Pathogene (RKI,
GBE Bund)
 - Altersspezifische
Lebenserwartung (GBE
Bund)
- Literaturrecherche
 - Einschränkung durch
Erkrankung
 - Erkrankungsdauer
- Empirische Untersuchungen
 - Demographische Struktur

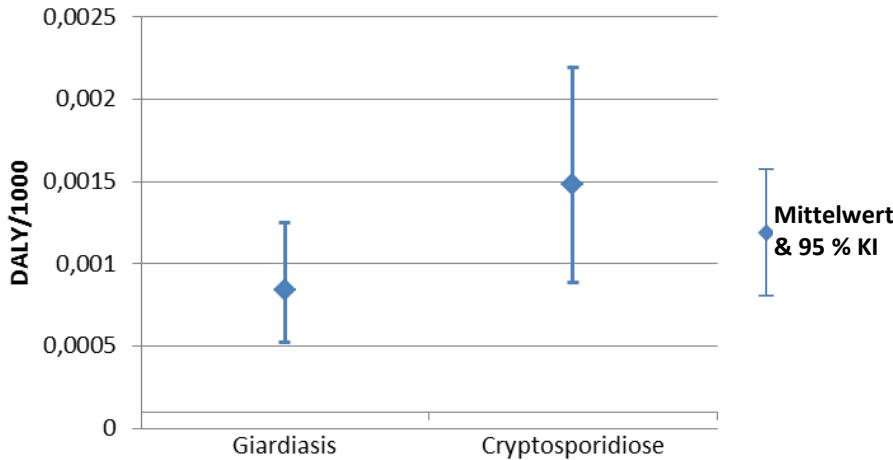
DALY-Werte Viren



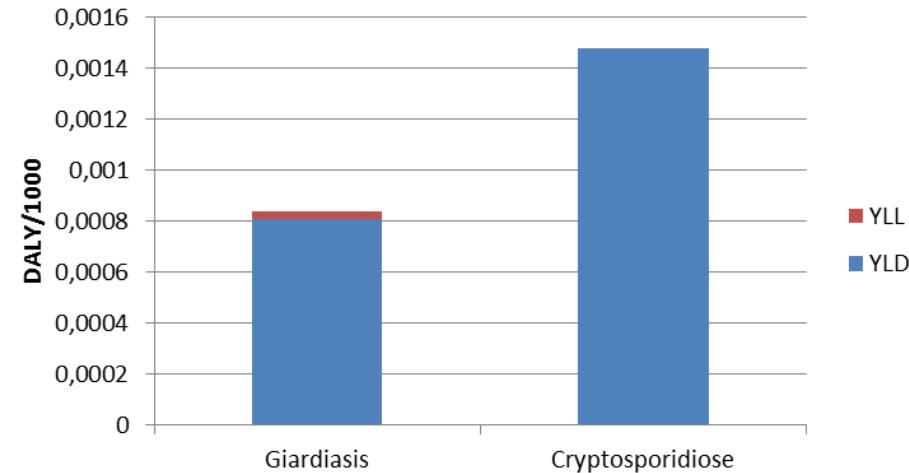
Zusammensetzung der DALYs für Viren



DALY-Werte protozoische Parasiten



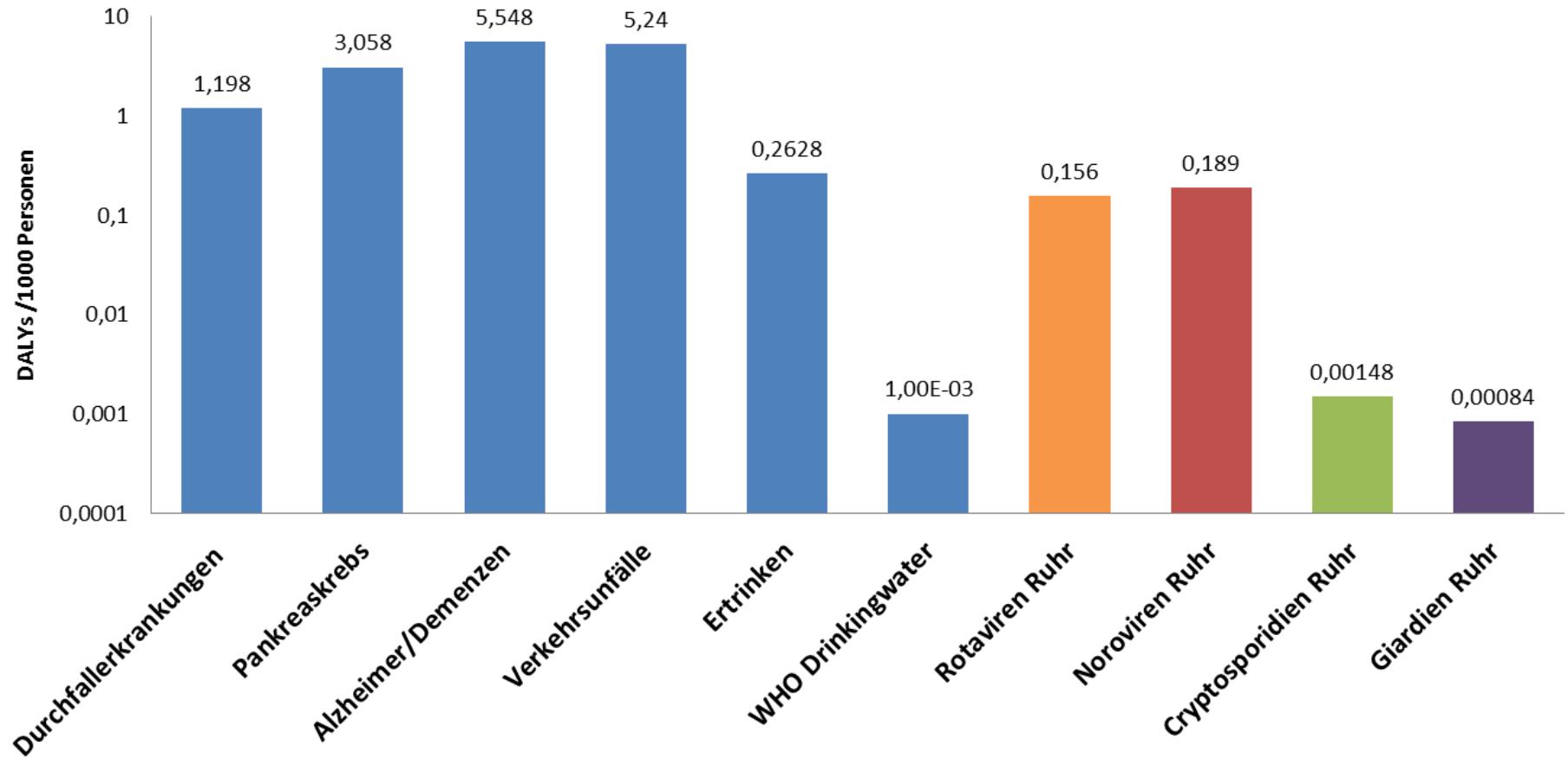
Zusammensetzung der DALYs für prot. Parasiten



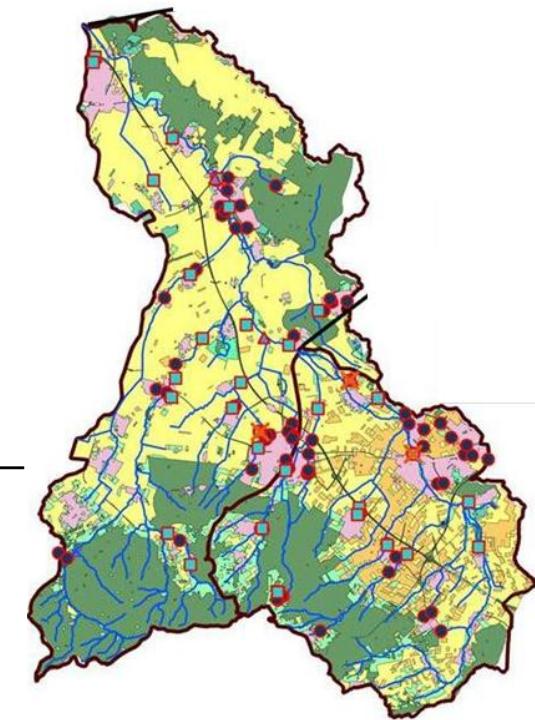
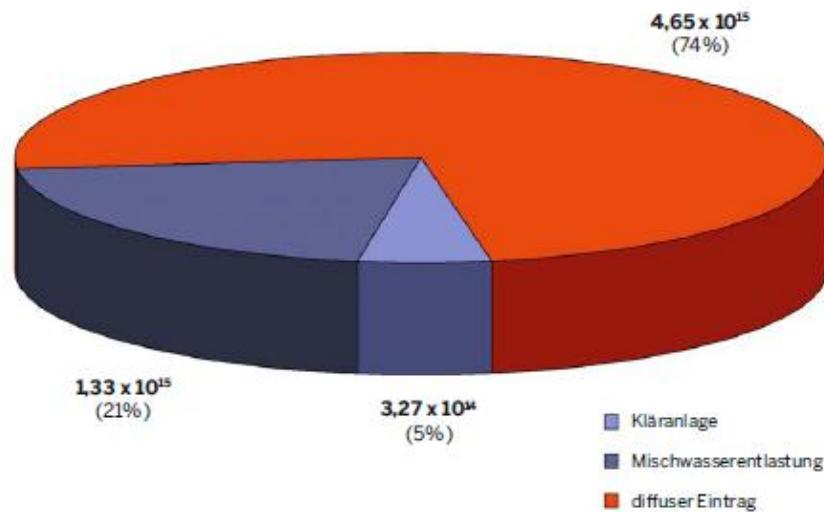
Schadensausmaß im Vergleich

DALYs im Vergleich

Vergleich der DALYs für die untersuchten Pathogene im Vergleich zu bekannten DALY Zahlen jeweils je 1000 Personen



Herkunft pathogener Mikroorganismen



Environ Earth Sci (2016) 75:1393
DOI 10.1007/s12665-016-6100-9

ORIGINAL ARTICLE

Two decades of system-based hygienic–microbiological research in Swist river catchment (Germany)

Christiane Schreiber¹ · Andrea Rechenburg¹ · Christoph Koch² · Ekkehard Christoffels³ ·
Thomas Claßen^{1,4} · Marlene Willkomm^{3,5} · Franz Michael Mertens³ ·
Andrea Brunsch³ · Susanne Herbst^{1,6} · Esther Rind¹ · Thomas Kistemann¹

IHPh – Institut für Hygiene und Public Health
GeoHealth Centre

Eintragspfade im Untersuchungsgebiet





Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Hygiene and Environmental Health

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

Developing an easy-to-apply model for identifying relevant pathogen pathways into surface waters used for recreational purposes



Katharina Tondera^{a,*}, Kassandra Klaer^a, Silke Roder^{a,1}, Ira Brueckner^{a,2},
Martin Strathmann^b, Thomas Kistemann^c, Christiane Schreiber^c, Johannes Pinnekamp^a

^a Institute of Environmental Engineering of RWTH Aachen University (ISA), Mies-van-der-Rohe-Str. 1, 52074 Aachen, Germany

^b IWW Rheinisch-Westfälisches Institut fuer Wasser, Moritzstr. 26, 45476 Mülheim an der Ruhr, Germany

^c Institute for Hygiene and Public Health (IHPH), University of Bonn, Sigmund-Freud-Str. 25, 53105 Bonn, Germany

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 August 2015

Received in revised form

14 November 2015

Accepted 20 November 2015

Keywords:

Bathing water Directive

Pathogens

Point sources

Diffuse sources

Waterborne diseases

Combined sewer overflow

Modelling pathways

ABSTRACT

Swimming in inner-city surface waters is popular in the warm season, but can have negative consequences such as gastro-intestinal, ear and skin infections. The pathogens causing these infections commonly enter surface waters via several point source discharges such as the effluents from wastewater treatment plants and sewer overflows, as well as through diffuse non-point sources such as surface runoff.

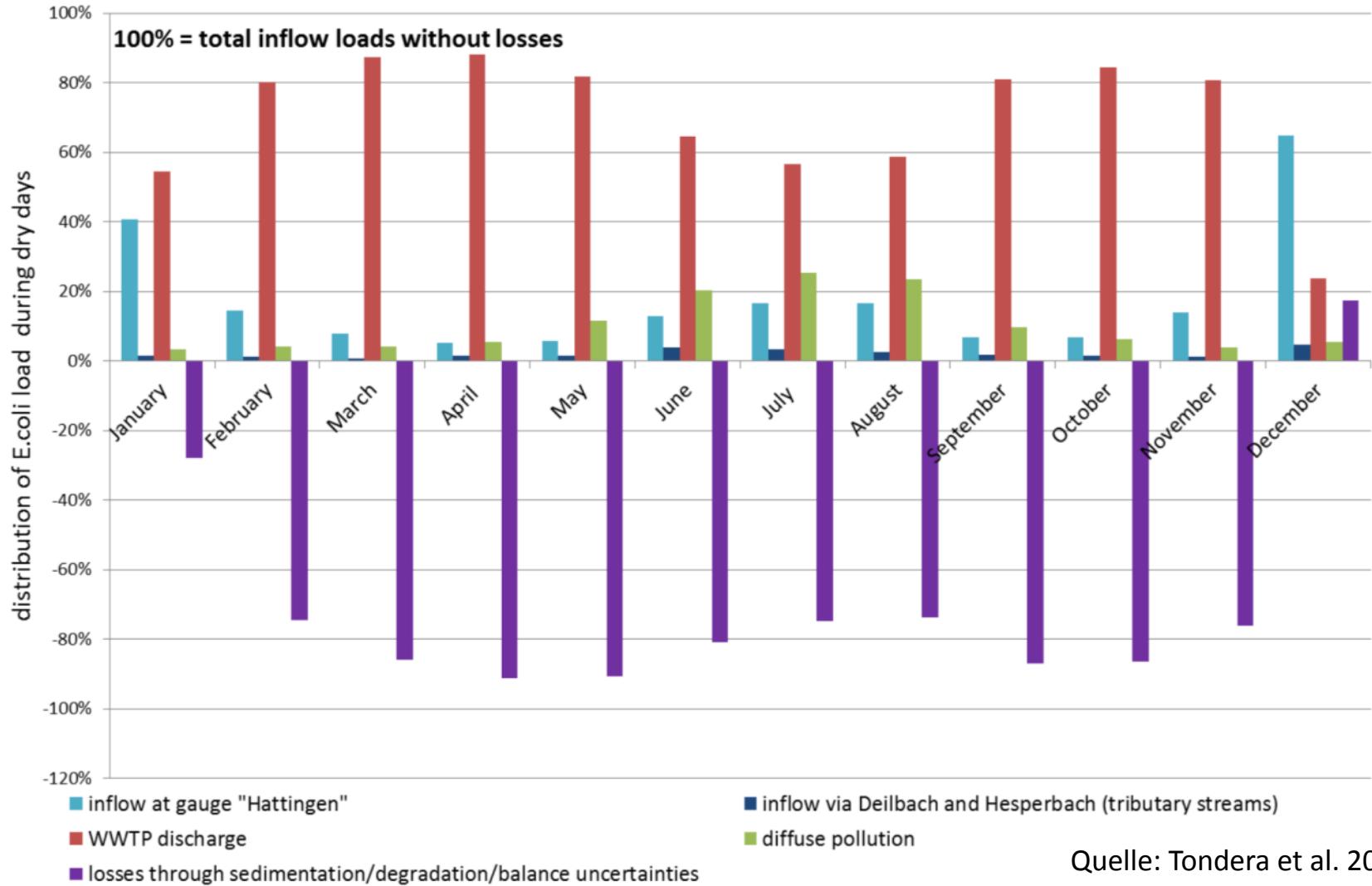
Nonetheless, the recreational use of surface waters is attractive for residents. In order to save financial and organizational resources, local authorities need to estimate the most relevant pathways of pathogens into surface waters.

In particular, when detailed data on a local scale are missing, this is quite difficult to achieve. For this reason, we have developed an easy-to-apply model using the example of *Escherichia coli* and intestinal enterococci as a first approach to the local situation, where missing data can be replaced by data from literature. The model was developed based on a case study of a river arm monitored in western Germany and will be generalized for future applications.

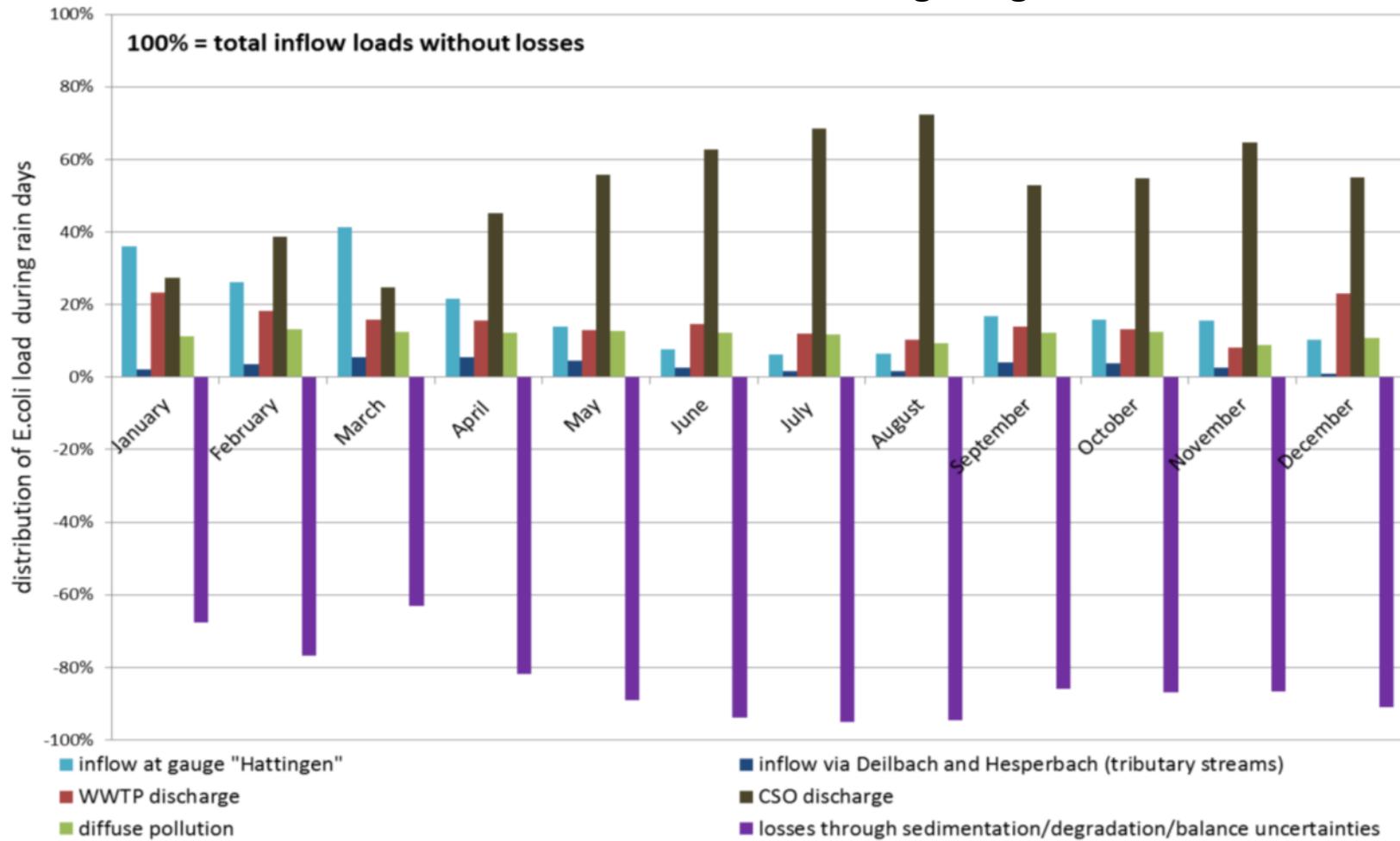
Although the limits of the EU Bathing Water Directive are already fulfilled during dry weather days, we showed that the effluent of wastewater treatment plants and overland flow had the most relevant impact on the microbial surface water quality. On rainy weather days, combined sewer overflows are responsible for the highest microbial pollution loads.

The results obtained in this study can help decision makers to focus on reducing the relevant pathogen sources within a catchment area.

Monatliche *E. Coli* Frachten: Trockentage



Monatliche *E. Coli* Frachten: Regentage



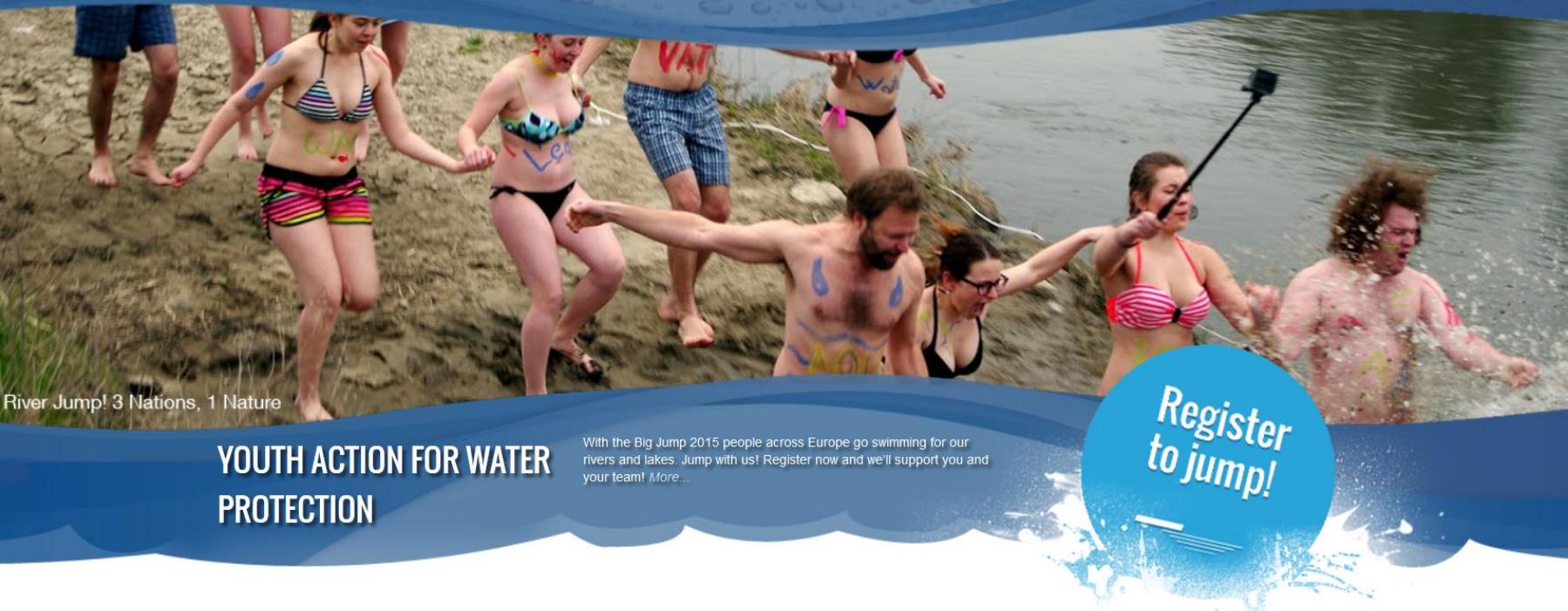
Quelle: Tondera et al. 2015

Zusammenfassung

- Flussbaden erlebte mehrfach säkularen Wandel der gesellschaftlichen Akzeptanz
- Festlegung von Kriterien zur „Badegewässergüte“ ist sehr komplex und nicht eindimensional lösbar
- Hygienische Gesundheitsrisiken des Flussbadens sind heute hauptsächlich durch Viren verursacht, die GI auslösen
- Beispiel Ruhr:
 - Im Sinne der EU-Risikoabschätzung können diese spezifischen Risiken als „tolerabel“ eingeschätzt werden
 - EU-Grenzwerte für Fäkalindikatoren werden in der Regel unter Trockenwetterbedingungen nicht überschritten

Zusammenfassung

- Wesentliche Kontaminationsquellen
 - Trockenwetter (niedrig): Kläranlagen
 - Regenwetter (hoch): Mischwasserabschläge
- Für Trockenwetterbedingungen kann durch technische Ertüchtigungen der Kläranlagen (UV-Bestrahlung) weitere Verbesserung der Wasserqualität erreicht werden
- Für Niederschlagsbedingungen sind erforderliche Ertüchtigungsmaßnahmen wesentlich aufwändiger
- Realistischer: Niederschlags-geführtes Frühwarnsystem (Badeverbot bis 2-3 Tage nach dem Niederschlagereignis)
- Größtes Risiko des Flussbadens heute: Verletzung / Ertrinken infolge Strömung, Schiffsverkehr
- Essen wurde Europäische Umwelthauptstadt 2017; im Zuge dessen Wiedereröffnung eines Strandbades am Baldeneysee

[Home](#)[About us](#)[Toolbox](#)[Jump Teams](#)[Contact](#)

"LET'S JUMP TOGETHER TO RAISE AWARENESS FOR THE LAST WILD RIVERS OF EUROPE!"

Ulrich Eichelmann, Director of "Climate Crimes"

DANKE!

Weiterführende Literatur

- Böer S, Güde H, Keusen H J, Kulle E-P, Rechenburg A, Schade M, Schreiber C, Tuschewitzki G J (2016): Risiken an Badestellen und Freizeitgewässern aus gewässerhygienischer Sicht. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall: DWA-Regelwerk DWA-M 624, Hennef.
- Kistemann T, Koch C, Claßen T, Rechenburg A, Kramer F, Herbst S, Franke C, Rind E, Höser C, Exner M (2009): Mikrobielle Fließgewässerbelastungen durch abwassertechnische Anlagen und diffuse Einträge. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW.
- Kistemann T, Flemming H C, Schmidt A (2016): Rationale and evolution of recreational fresh water quality criteria. WHO CC Newsletter Water & Risk 25: 9-14.
- Kistemann T, Schmidt A, Flemming H C (2016): Post-industrial river water quality—Fit for bathing again? International Journal of Hygiene and Environmental Health 219/7: 629-642.
- Schreiber C, Zacharias N, Kistemann T, Mertens F M, Brunsch A F, Christoffels E (2015): Fünfzehn Jahre transdisziplinäre Forschung zur Gewässerhygiene im Einzugsgebiet der Swist, KW - Korrespondenz Wasserwirtschaft 8(10): 606-612.
- Timm C, Luther S, Jurzik L, Hamza IA, Kistemann T (2016): Applying QMRA and DALY to assess health risks from river bathing, International Journal of Hygiene and Environmental Health 219/7: 681-692.
- WHO, 2003. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters. Geneva. Abrufbar unter: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42591/1/9241545801.pdf>.