

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Herausgeber:

PD Dr. Michael Seidel

Dr. Christian Wurzbacher

Prof. Dr.-Ing. J. E. Drewes

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München

Berichtsheft Nr. 224

ISSN 0942-914X

2022

Alle Rechte vorbehalten.

Wiedergabe nur mit Genehmigung der Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für
Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München e. V.,
Am Coulombwall 3, 85748 Garching

Vorwort

In den letzten Jahren hat sich das Spektrum an analytischen Verfahren zur Identifizierung und Quantifizierung von Mikroorganismen und Viren (=Bioanalytik) rasant weiterentwickelt. Die vom Gesetzgeber oftmals geforderte Quantifizierung von Bakterien mit Kultivierungsmethoden stehen heutzutage modernen Methoden entgegen, welche in kurzer Zeit die Identität, die Quantität, die Vitalität und die Diversität an Mikroorganismen und Viren erkennen.

Spezifische pathogene Bakterien und Viren sowie antibiotikaresistente Bakterien können innerhalb weniger Stunden bestimmt werden. Omics-Methoden z.B. Next Generation Sequencing oder Microarrays ermöglichen eine hoch differenzierte Analyse in der Diversität von Bakterien und Viren.

All diese Methoden haben sich in der medizinischen Diagnostik durchgesetzt und ermöglichen zumindest Forschung auf höchstem Niveau. Aus diesem Grund sollten diese Methoden zukünftig für die mikrobiologische Wasseranalytik genutzt werden können und in die Praxis übertragen werden.

In unserem Seminar wollen wir den Übertrag von der Wissenschaft in die Praxis diskutieren. Es ist enorm wichtig, dass die neuen Methoden verlässliche Ergebnisse liefern.

Schlussendlich sollte die Gesamtheit des Wasserkreislaufes mit dem Bezug auf Menschen und Tieren (One-Health-Ansatz der EU) betrachtet werden. Dies wird insbesondere hinsichtlich des Klimawandels und die Einschränkung der Ressource Wasser immer mehr von Bedeutung sein.

Das Seminar richtet sich vornehmlich an Kommunen und Trinkwasserversorger, Behördenvertreter, sowie Gutachter und Sachverständige.

Wir freuen uns auf eine interessante und anregende Diskussion.

Garching, den 23. Februar 2022

Ihr Michael Seidel, Christian Wurzbacher, Jörg E. Drewes

Inhaltsverzeichnis

Antibiotikaresistenzen – Der bayerische One-Health-Ansatz	5
Dr. Stefanie Huber, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit	
One water – one health: Aquatische Verbreitung von Resistenzen	22
PD Dr. Christiane Schreiber, Nicole Zacharias Institut für Hygiene und Öffentliche Gesundheit, Universität Bonn	
Legionellen in wasserführenden Systemen	24
Dr. Bernadett Bartha-Dima, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit	
Infektiöse Adenoviren im Wasser: ein neuartiger Weg der Krankheitsübertragung	32
Prof. Dr. Sabrina Schreiner, Institut für Virologie, TU München	
Mikrobiologie im Wasser verstehen – Methode zur direkten und quantitativen Analyse aller oder pathogener Bakterienzellen	34
Dr. Björn Biedermann, rqmicro GmbH	
Standardisierung von kultivierungsunabhängigen Methoden für Fachlabore	43
PD Dr. Michael Seidel, Institut für Hydrochemie, TU München	
Schwebstoffe als Störfaktoren – Entschlüsselung eines potenziellen Verlustrisikos bei der Extraktion von DNA aus Umweltwasserproben	55
Dr. Rita Linke, Technische Universität Wien	
Standortspezifische Faktoren des SARS-CoV-2 Abwassermonitorings	62
Dr. Christian Wurzbacher, Dr. Johannes Ho, TU München, TZW Karlsruhe	
Anwendung hydrodynamischer Kanalnetzmodelle als Werkzeug für die Erkennung und Lokalisierung unzulässiger Abwassereinleitungen	77
Prof. Steffen Krause, Universität der Bundeswehr München	
Microbial Source Tracking – Aufspüren von Quellen fäkaler Verunreinigungen in der aquatischen Umwelt	89
Dr. Claudia Stange, TZW Karlsruhe	
Sponsoren	99
Verzeichnis Schriftenreihe	101

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Antibiotikaresistenzen – Der bayerische One-Health-Ansatz

Dr. Stefanie Huber und Koautoren
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit
Pfarrstraße 3
80538 München

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224







Antibiotikaresistenzen – Der bayerische One-Health-Ansatz

S. Huber, C. Höller, P. Preikschat, G. Rutz, C. Silchinger, G. Valenza

Gründung verschiedener Arbeitsgemeinschaften, Bündnisse und Initiativen in Bayern seit den 2000er Jahren

- Zunehmende Probleme mit Antibiotikaresistenzen in Kliniken in den 2000er Jahren, zunächst vor allem mit MRSA (Methycillin-resistente *Staphylococcus aureus*)
- Gründung der Bayerischen Landesarbeitsgemeinschaft Resistente Erreger (LARE) am 03.12.2008 unter Koordination des damaligen StMUG und des LGL



Bayerische Landesarbeitsgemeinschaft Resistente Erreger (LARE), gegründet 2008

- Landesweites Netzwerk zwischen Verbänden, Behörden und Universitäten zum Thema antibiotikaresistente Erreger in Bayern
- Interdisziplinäre Bearbeitung spezifische Fragestellungen bezüglich des Umgangs mit antibiotikaresistenten Erregern **im Bereich der medizinischen Versorgung**
- Interdisziplinärer Austausch (halbjährliche LARE-Treffen, jährliches LARE-Symposium im Dezember)
- Kontinuierliche Information der Mitglieder (Stellungnahmen, Internetseite des LGL, Symposium, Fortbildung „Hygiene im Fadenkreuz“)
- Bildung von Facharbeitsgruppen (z.B. AG Antibiotic Stewardship, AG Beruf und MRE, AG Standards für den Patiententransport)
- Durchführung von Projekten (z.B. QUARKS Untersuchung von Schwangeren und Neugeborenen auf MRE)
- Austausch mit der Veterinärmedizin



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

3

Bayerisches Aktionsbündnis Antibiotikaresistenz (BAKT), gegründet 2012

- Interdisziplinär zusammengesetztes Bündnis von Verbänden, Institutionen und Behörden aus Human- und Veterinärmedizin, Pharmazie, Agrar- und Ernährungswirtschaft bis hin zu Verbraucherschutz- und Patientenvertretern (Konsensusstatement mit 20 Partnern)
- Ziel: Gemeinsame Strategien zur Vermeidung neuer Resistenzbildung und Verbreitung von Resistenzen und Erhöhung der Sensibilität und des gegenseitigen Verständnisses zum Thema Antibiotikaresistenz



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

5

Bayerisches Aktionsbündnis Antibiotikaresistenz (BAKT)

Aktivitäten

- Interdisziplinärer Flyer zu richtigen Antibiotika-behandlung bei Mensch und Haustier
- BAKT- Newsletter zum Austausch und zur besseren Transparenz der jeweiligen Aktivitäten der Partner zu den Zielen von BAKT
- Gemeinsame interdisziplinäre Symposien und Klausurtagungen von BAKT, LARE und ARE-Vet Mitgliedern

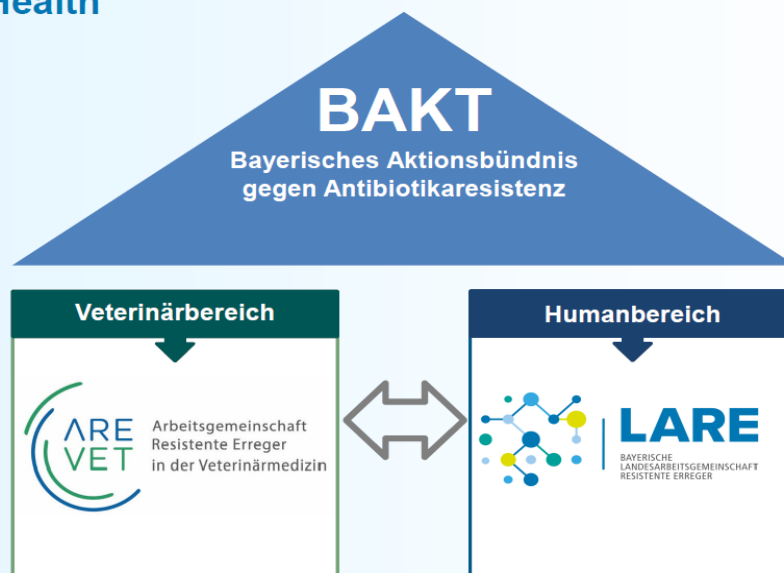


www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

6

One Health



www.lgl.bayern.de

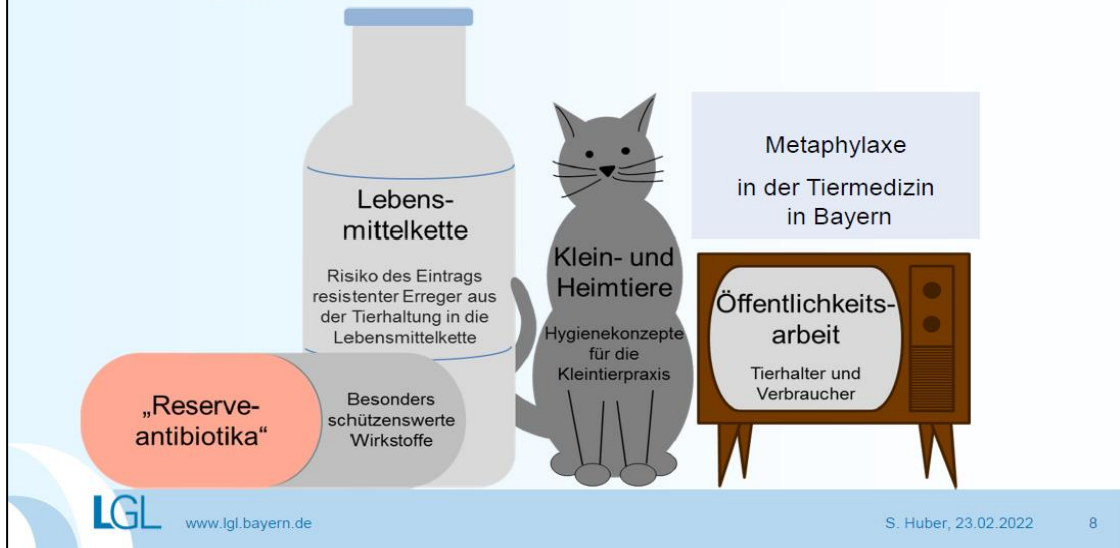
S. Huber, 23.02.2022

7

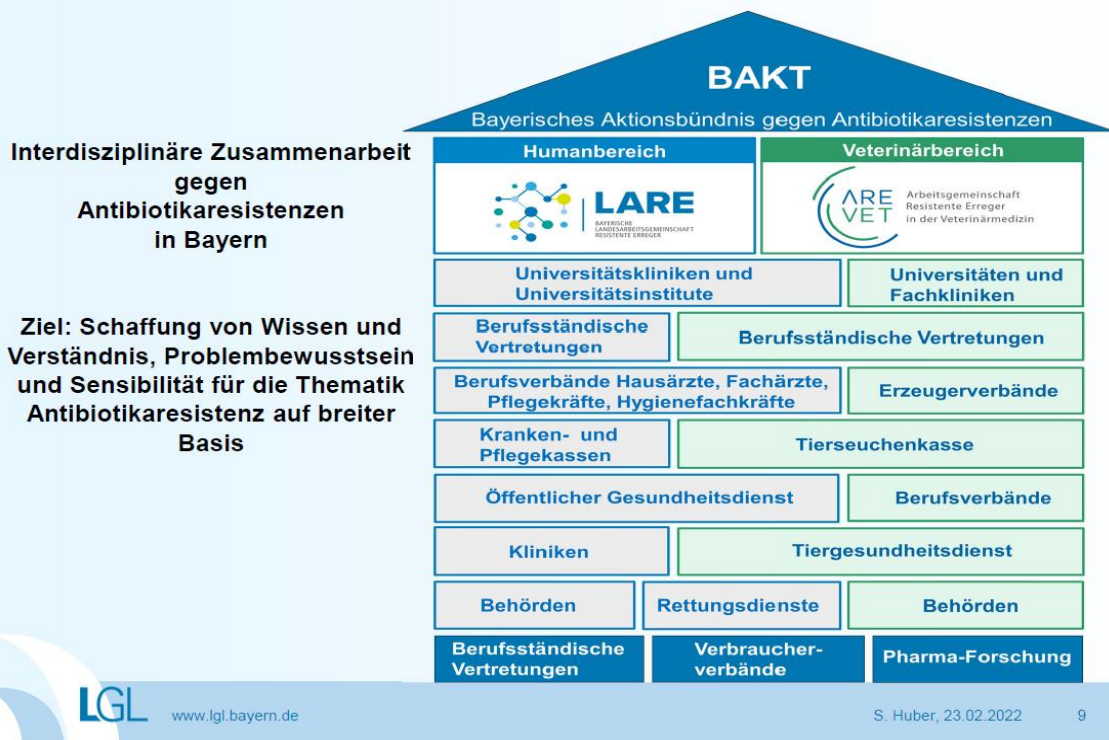
Arbeitsgemeinschaft Resistente Erreger in der Veterinärmedizin (ARE-Vet), gegründet 2014

Plattform zur interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen den Bereichen Agrarwirtschaft, Lebensmittelproduktion und Veterinärmedizin

Facharbeitsgruppen der ARE-Vet



One Health: Eine Welt – eine Gesundheit



Die Bayerische Antibiotikaresistenz-Datenbank (BARDa)

- **Flächendeckende repräsentative und belastbare Daten zur Antibiotikaresistenz-Situation in Bayern seit 2019**
- **Repräsentativität der Teilnehmer**
 - nach Versorgungsstufe und geographischer Lage
- **Kontinuierliches Monitoring ermöglicht**
 - Beschreibung der aktuell bestehenden regionalen Resistenzsituation
 - Trendbeobachtung
 - Schnellwarnsystem beim Auftreten seltener Resistenzen
 - Basisdaten für die fachliche Beratung von Ärzten in Krankenhäusern und Arztpraxen bei der Durchführung einer rationellen Antibiotikatherapie
 - Entscheidungshilfen für Entscheidungsträger in Politik und Verbänden
 - Stärkung der bundesweiten Antibiotikaresistenz-Surveillance (ARS) des RKI durch Übermittlung der bayerischen Daten

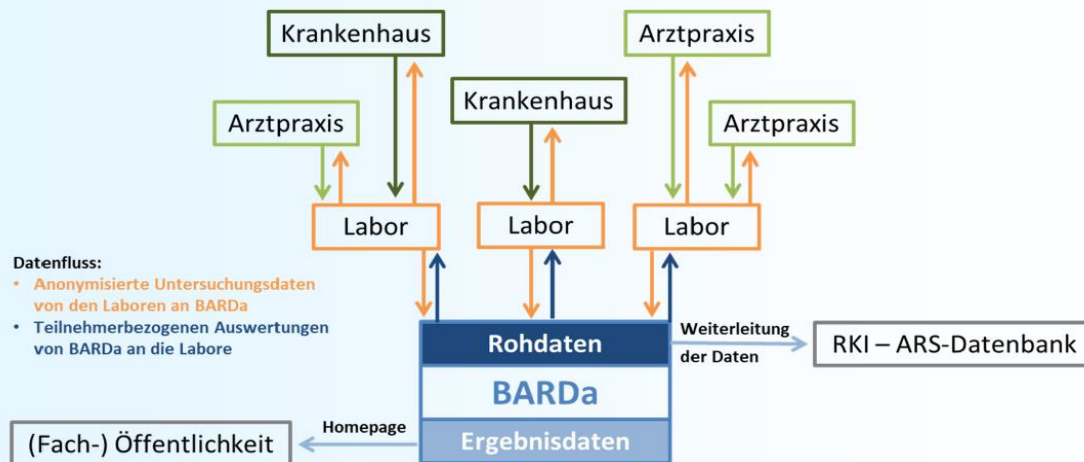


www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

10

Netzwerk und Datenfluss



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

11

Anzahl der an BARDa übermittelten Isolate im Verlauf der COVID-19 Pandemie 2020

Hohe COVID-19 Inzidenz – verringerte Anzahl der Einsendungen an die Mikrobiologie



Abb. 1: Positive SARS-CoV-2-PCR-Testungen bayerischer Labore seit 16.03.2020 (rote Linie) und an BARDa übermittelte Erregeranzahl (blaue Linie) im Jahresverlauf 2020. Die senkrechten grauen Balken zeigen markante Änderungen an.

Projekte am LGL – eine Auswahl

- Verbundprojekt Resistenzen bei Tier und Mensch (RESET, 2011 bis 2016); RESET-Teilprojekt: Kolonisationsprävalenz von resistenten *Enterobacteriaceae*
- Schwerpunktprojekt 2012 im Rahmen der Hygieneüberwachung durch die Gesundheitsämter: Erfassung des Umgangs mit MRE und Antibiotika in den Krankenhäusern
- JPI-Projekt MetaWater (2015 bis 2017)
- Projekt „Antibiotikaresistente Bakterien in Therapiebädern“ von bayerischen Krankenhäusern (2016 bis 2018)
- Projekt zur Hygienesituation in Einrichtungen der stationären Pflege (2017-2019)
- Projekt „Antibiotikaresistente Bakterien in bayerischen Badegewässern“ (2017 bis 2018)

Projekt MetaWater

JPI Water Verbundprojekt MetaWater:

Neue metagenomische und molekularbiologisch basierte Methoden zur europaweiten Identifizierung und Kontrolle von neuartigen mikrobiologischen Kontaminanten in Bewässerungswasser

Teilprojekt: Untersuchung zur Prävalenz von ESBL-produzierenden Bakterien und Verbreitung von Projektergebnissen in Europa



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

14

Teilprojekt MetaWater

Studiendesign

- Proben aus Oberflächenwasser mit deutlichem (Ilz) und geringem landwirtschaftlichem Einfluss (Isar)
- Proben aus Kläranlagen vor und nach der UV-Desinfektionsstufe
- Untersuchung von Proben aus bayerischer Primärproduktion und Bewässerungswasser
- Untersuchung von Proben aus Spanien, Dänemark und Zypern



- Bebrütung auf MacConkey-Agar mit Cefotaxim und Brilliance CRE Agar, Oxoid
- Identifizierung verdächtiger Kolonien mittels MALDI-TOF/ BD Phoenix™/ API
- Resistenztestung mit BD Phoenix™
- Phänotypische Bestätigung von ESBL/ AmpC mit Doppeldiffusionstest (MAST)
- Multiplex PCR zum Nachweis von ESBL /AmpC /Carbapenamase und Bestimmung der phylogenetischen Gruppen bei *E. coli*
- Sequenzierung/ multilocus sequence typing (MLST)

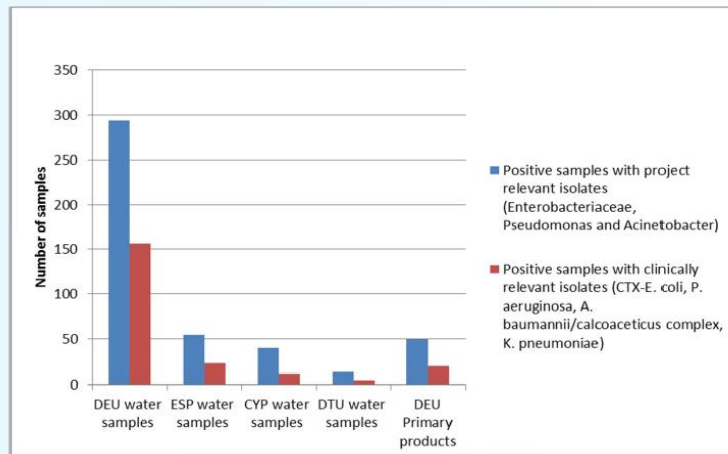


www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

15

Teilprojekt MetaWater: Positive Proben/ Land



- 86 % der Proben waren positiv für Antibiotika-resistente gramnegative Bakterien
- 41 % der Proben waren positiv für Bakterien, die häufig bei nosokomialen Infektionen beobachtet werden

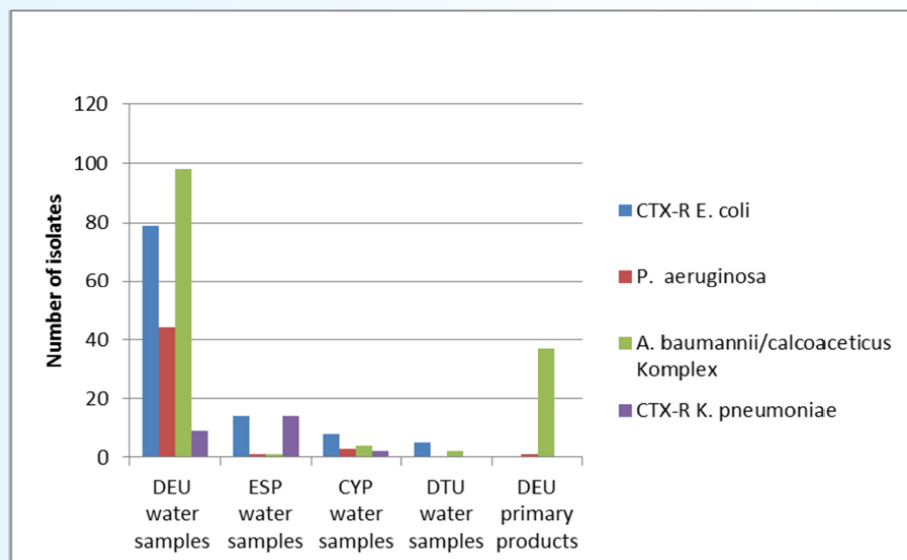


www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

16

Teilprojekt MetaWater: klinisch relevante Isolate/ Land



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

17

Einige Schlussfolgerungen aus dem Teilprojekt – Ergebnisse Deutschland, Spanien, Zypern, Dänemark

- In Gemüse- und Bewässerungswasserproben konnten ähnliche Stämme beobachtet werden.
- Unabhängig von der Herkunft der Proben dominierte der Genotyp CTX-M-15 bei den *E. coli*-Isolaten (45%).
- Die vorherrschenden Phylogruppen hingen von der Probe und dem Herkunftsland ab.
- Sowohl in landwirtschaftlich hoch als auch gering belasteten Proben waren ESBL-produzierende *E. coli* vorhanden, jeweils Isolate (CTX-M-15 und Phylogruppe B2), welche mit Infektionen in Verbindung gebracht werden.



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

18

Teilprojekt MetaWater – Ergebnisse Isar und Ilz

- In 96 % aller Proben (n = 240) aus Ilz und Isar wurden antibiotikaresistente gram-negative Bakterien nachgewiesen.
- 36 % der Proben waren positiv für Erreger, die medizinisch eine Rolle spielen könnten (Ilz: 52 %, Isar: 29 %).
 - fäkale Belastung der Ilz wesentlich höher: Median *E. coli* 960 MPN/100 ml im Vergleich zu 160 MPN/100 ml in der Isar
 - kaum landwirtschaftliche Einflüsse in den untersuchten Isarabschnitten
- Insgesamt 108 klinisch relevante Isolate, aber nur 9 *E. coli*-Isolate mit Dreifach- und ein *E. coli*-Isolat mit Vierfachresistenz (3 MRGN bzw. 4 MRGN nach KRINKO-Definition)



www.lgl.bayern.de

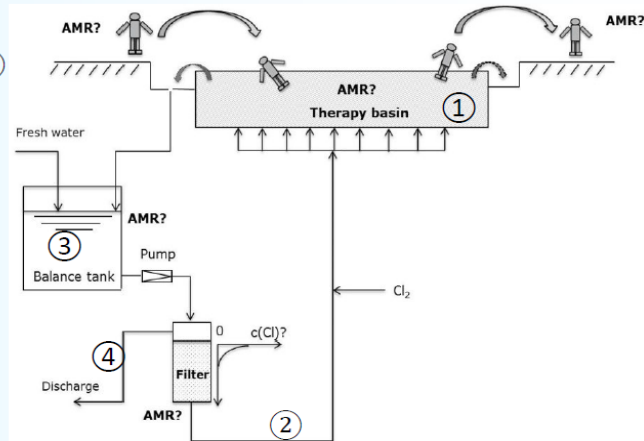
S. Huber, 23.02.2022

19

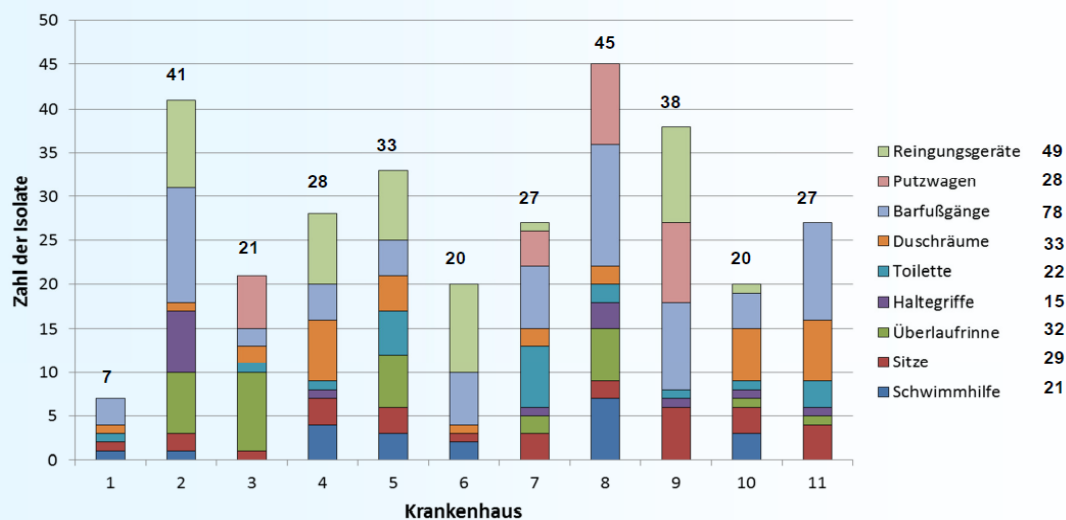
Projekt „Antibiotikaresistente Bakterien in Therapiebädern“

- 11 physikalische Therapieeinheiten in Bayern
- 4 Probenahmen pro Bad
- 153 Wasserproben:
 - Beckenwasser ①
 - Filtrat ②
 - Schwallwasserbehälter ③
 - Rückspülwasser ④

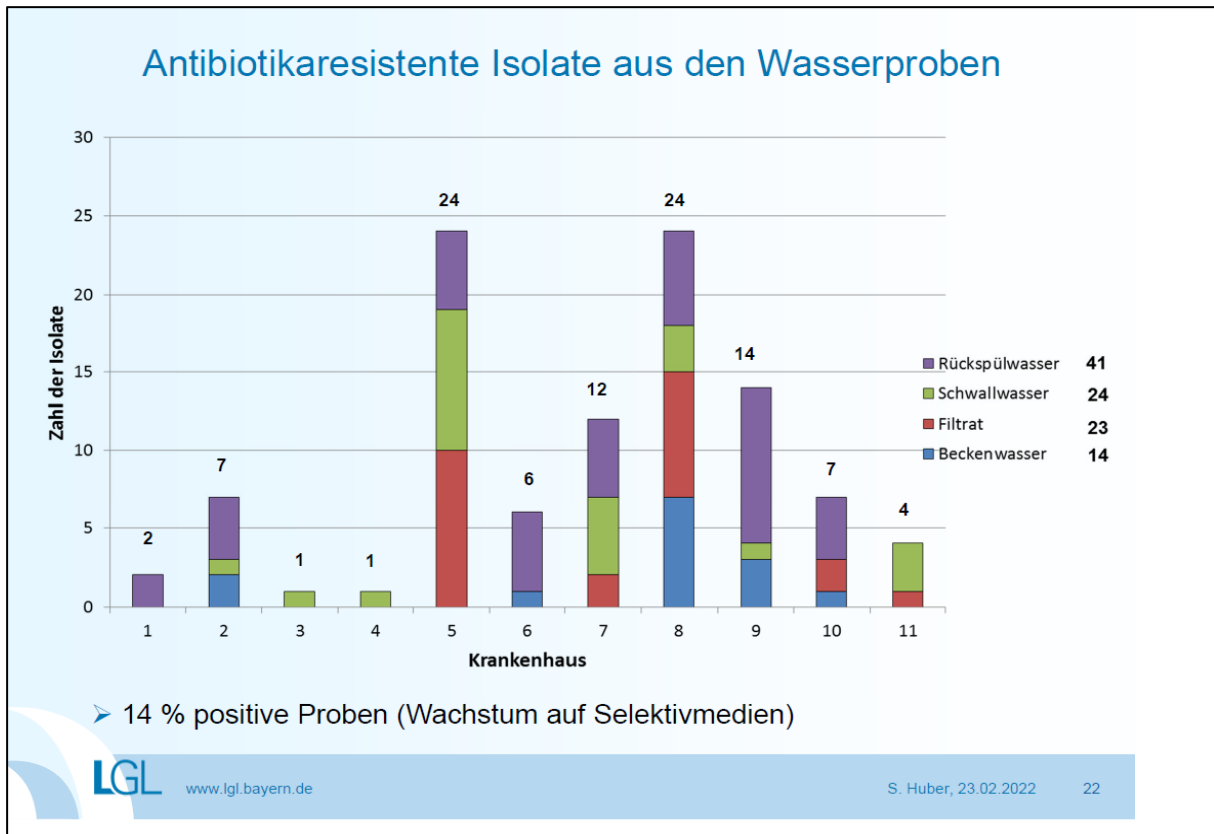
- Umgebungsuntersuchung mittels 371 Abklatschproben
 - Schwimmhilfen
 - Sitze
 - Überlaufrinnen
 - Handläufe
 - Sanitärbereiche
 - Reinigungsutensilien



Antibiotikaresistente Isolate aus den Umgebungsproben



- 17 % positive Proben (Wachstum auf Selektivmedien)



Ergebnisse „Antibiotikaresistente Bakterien in Therapiebädern“

- 102 AB-resistente Isolate aus Wasserproben
- 307 AB-resistente Isolate aus Umgebungsproben
- *Pseudomonas* spp. und *Staphylococcus* spp. sind die am häufigsten isolierte Gattungen, aber potentiell pathogene Spezies (*S. aureus* oder *P. aeruginosa*) wurden nur vereinzelt nachgewiesen.
- Die meisten Isolate stammten von Barfußgängen und Reinigungsgeräten.
- Die meisten Wasserisolate stammten aus dem Schwallwasserbehälter und dem Filtrat.
- Trotz Aufbereitung und Desinfektion sind AB-resistente Bakterien zu finden.
- Besonders hohe Besucherzahlen in Kombination mit Schwächen bei der Aufbereitung scheinen dafür verantwortlich zu sein.
- Viele der gefundenen Spezies weisen bereits natürlicherweise bestimmte Resistenzen auf, erfreulicherweise wurde keine typischen multiresistenten Erreger nosokomialer Infektionen nachgewiesen.

D.E. Köck et al. (2018): „Occurrence of Antibiotic-Resistant Bacteria in Therapy Pools and Surrounding Surfaces“

LGL www.lgl.bayern.de S. Huber, 23.02.2022 23

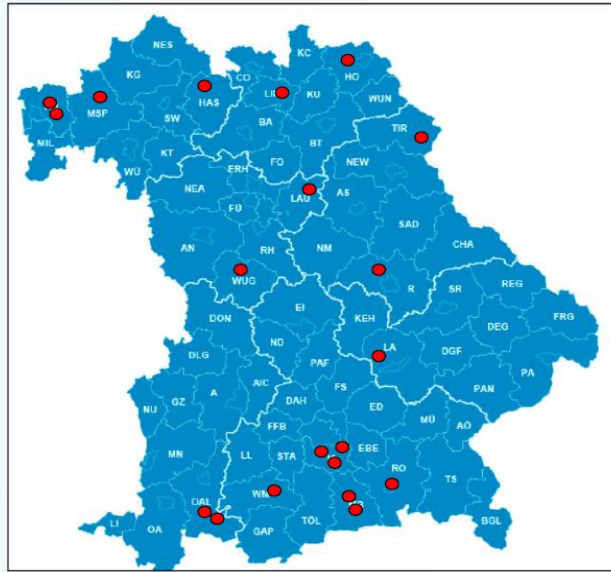
Antibiotikaresistente Bakterien in bayerischen Badegewässern

Untersuchte Seen in Südbayern (2017)

- Chiemsee, Lkr. Rosenheim
- Faulensee, Lkr. Ostallgäu
- Feldmochinger See, Stadt München
- Forggensee, Lkr. Ostallgäu
- Langwieder See, Stadt München
- Regattasee, Stadt München
- Schliersee, Lkr. Miesbach
- Seehamer See, Lkr. Miesbach
- Starnberger See, Lkr. Weilheim
- Wakelake, Lkr. Landshut

Untersuchte Seen in Nordbayern (2018)

- Ortswiesensee, Lkr. Lichtenfels
- Sander See, Lkr. Hassberge
- Untreusee, Lkr. Hof
- See Freigericht Ost, Lkr. Aschaffenburg
- Baggersee Happburg, Lkr. Nürnberger Land
- Mainparksee Lkr. Aschaffenburg
- Altmühlsee, Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen
- Guggenberger See, Lkr. Regensburg
- Klostersee, Lkr. Main-Spessart
- Satzdorfer See Lkr. Cham



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

24

Ergebnisse Südbayern

- Insgesamt 57 Proben
- Lediglich in **2 Seen** wurden Bakterien gefunden, die eine klinisch relevante Antibiotikaresistenz aufwiesen:
 - 1 *Escherichia coli*-Isolat: 3MRGN und ESBL-Bildner
 - 2 *Escherichia coli*-Isolate: 2MRGN und ESBL-Bildner
 - 2 *Serratia sp.*-Isolate: 2MRGN und ESBL-Bildner
- Weder Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE) noch Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) waren nachweisbar.



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

25

Ergebnisse Nordbayern

- Insgesamt 60 Proben
- In **8 Seen** wurden Bakterien gefunden, die eine klinisch relevante Antibiotikaresistenz aufwiesen:
 - 2 *Escherichia coli*-Isolate: 3MRGN und ESBL-Bildner
 - 4 *Escherichia coli*-Isolate: 2MRGN und ESBL-Bildner
 - 11 *Serratia sp.*-Isolate: 2MRGN und ESBL-Bildner
 - 2 *Pseudomonas sp.*-Isolate: 4MRGN
 - 2 *Acinetobacter sp.*-Isolate: 4MRGN
- Weder Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE) noch Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) waren nachweisbar.

Medianwert antibiotikaresistente Bakterien in bayerischen Badegewässern:
5 KBE/50 ml



LGL

www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

26

Fazit Badegewässer

- Gesunde Menschen sind durch Bakterienbelastungen kontrollierter Badegewässer in der Regel nicht gefährdet, unabhängig davon, ob diese Antibiotikaresistenzen aufweisen oder nicht. Die beim Schwimmen üblicherweise geschluckten kleineren Mengen Wasser sind meist unbedenklich, da die Virulenz der Bakterien im Magen abgeschwächt wird.
- Wundinfektionen (durch resistente oder nicht resistente Bakterien) sind beim Baden in natürlichen Gewässern prinzipiell möglich. Mit großflächigen oder tiefen Wunden sollte nicht gebadet werden.
- Wichtigste Maßnahmen gegen Gesundheitsgefährdung durch (antibiotika-/ multiresistente sowie nicht resistente) Krankheitserreger in Bezug auf Badegewässer:
 - Vermeidung von Abwassereinträgen in Badegewässer
 - Vermeidung von Einträgen aus der Landwirtschaft in Badegewässer
- Routineüberwachung auf antibiotikaresistente Bakterien ist nicht nötig.
- Standardüberwachung (*E. coli* und Enterokokken) sowie Badegewässerprofil gemäß EU-Badegewässerrichtlinie sind ausreichend.



LGL

www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

27

Aktuelle Literaturrecherche zu wasserassoziierten Infektionen mit *Enterobacteriaceae* in Krankenhäusern

- Recherche z.B. zu *Klebsiella pneumoniae*, *K. oxytoca*, *K. aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Serratia marcescens*, *Citrobacter freundii*
- Meist Untersuchungen von Umweltproben in Zusammenhang mit Ausbrüchen (mindestens zwei Patienten betroffen) im Krankenhaus
- Zahlreiche Nachweise der Ausbruchsstämme in feuchter Umgebung (z.B. Waschbecken, Abguss, am Wasserhahn)
- Kein Nachweis der Ausbruchsstämme im Trinkwasser
- Infektionen können also von Patient zu Patient oder von Arzt/Pfleger zu Patient über die feuchte Umgebung weitergegeben werden
- Wirksame Gegenmaßnahmen sind bekannt, z.B. spezielle Konstruktion von Waschbecken und Abgüssen in Kliniken



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

28

Antibiotikaresistenzen - Definitionen

Viele Bakterien sind von Natur aus gegen eine Vielzahl von Antibiotika resistent, d.h. der Nachweis von Resistenzen in Bakterien in der Umwelt bedeutet nicht automatisch, dass diese Bakterien bereits mit antibiotischen Medikamenten in Kontakt gekommen waren!

Wenn man also „multiresistent“ lediglich als „resistent gegen mehrere Antibiotika“ definiert, wären viele Bakterienspezies (z.B. *E. coli* und *P. aeruginosa*) von Natur aus multiresistent.

Daher ist folgende Definition zu bevorzugen: Erreger werden als „**multiresistent**“ bezeichnet, wenn sie **erworbene Resistenzen** gegen verschiedene Antibiotikagruppen besitzen. (MRGN *E. coli* sind z. B. resistent gegen Antibiotika-Klassen, die gegen den Wild-Typ von *E. coli* wirken würden.)

Bei der Bewertung von Ergebnissen aus Wasser- oder anderen Umweltproben ist genau zu beachten, was untersucht wurde!



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

29

Bayerischer Aktionsplan gegen Antibiotikaresistenzen

2017 vom bayerischen Ministerrat beschlossen

Ziele:

- Hygiene verbessern – Infektionsprävention stärken
- Problembewusstsein in der Öffentlichkeit für die Auswirkungen der zunehmenden Antibiotikaresistenzen stärken
- Verantwortungsvollen Umgang mit Antibiotika stärken – unsachgemäßen Antibiotikaeinsatz eindämmen
- Einträge von Antibiotika in die Umwelt minimieren

https://www.lgl.bayern.de/downloads/gesundheit/bayerischer_aktionsplan_antibiotikaresistenz.pdf



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

30

Bayerischer Aktionsplan gegen Antibiotikaresistenzen

Handlungsfelder

- 1) Netzwerkarbeit
- 2) Hygiene
- 3) Aus-, Fort- und Weiterbildung
- 4) Beobachtung der Resistenzlage
- 5) Antibiotikaeinsatz
- 6) Information und Aufklärung der Bevölkerung
- 7) Forschung
- 8) Gemeinsame Handlungsfelder der Ministerien

Interministerielle Arbeitsgruppe aus StMGP und StMUV (Einbindung von StMELF und StMBW) seit 2018: begleitet die Umsetzung des Aktionsplans



www.lgl.bayern.de

S. Huber, 23.02.2022

31

Antibiotikaresistenzen – ein globales Problem

- WHO stuft die Verbreitung multiresistenter Erreger als eines der TOP 10-Gesundheitsrisiken ein.
- Dabei sind falscher und zu hoher Einsatz von Antibiotika die Haupttreiber der Resistenzentwicklung.

Murray, Christopher JL, et al. "Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis." *The Lancet* (2022).

- 4,95 Millionen Todesfälle im Jahr 2019 stehen mit bakteriellen Antibiotikaresistenzen in Verbindung
- davon 1,27 Millionen Todesfälle durch bakterielle Antibiotikaresistenzen **verursacht**
- Arme Länder besonders betroffen
- Infektionen durch verbesserte Hygiene oder durch Impfungen vermeiden
- Unangemessenen Antibiotikaeinsatz (z.B. bei Virusinfektionen) reduzieren
- Entwicklung neuer Antibiotika und Impfungen

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

One water – One health: Aquatische Verbreitung von Resistenzen

Priv-Doz. Dr. Christiane Schreiber und Nicole Zacharias

Institut für Hygiene und Public Health
Universitätsklinikum Bonn
Venusberg – Campus 1
53127 Bonn

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224

Folien auf Anfrage

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Legionellen in wasserführenden Systemen

Dr. Bernadett Bartha-Dima

Bayerisches Landesamt für Gesundheit und
Lebensmittelsicherheit
Pfarrstraße 3
80538 München

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224

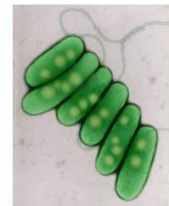


Bayerisches Landesamt für
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

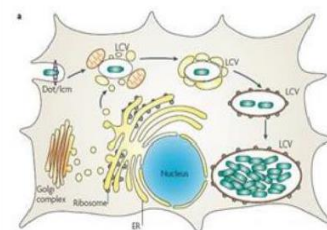


Legionellen

- Gram negative, stäbchenförmige Bakterien, ubiquitär in der aquatischen Umwelt verbreitet
- Typische Umweltbakterien, natürliches Reservoir im Wasser in einem Temperaturbereich von 10 bis 40 °C, in jedoch überwiegend niedriger Konzentration.
- Vermehrung in einzelligen Protozoen (Amöben) – geschützt vor Umwelteinflüssen
- Optimale Temperatur zwischen 25 und 40 °C
- Derzeit über 60 *Legionella* Spezies bekannt, alle sind potenziell humanpathogen



Hans R. Gelderblom,
Rolf Reissbrodt/RKI



Schematische Darstellung der Vermehrung von *Legionella pneumophila* in einer Amöbe (Isberg et al. 2009)

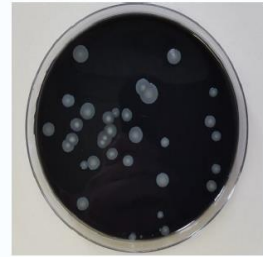


www.lgl.bayern.de

2

Legionellose

- **Legionella pneumophila** – mind. 15 Serogruppen
 - Serogruppe 1:** Ursache der meisten Legionellen Infektionen
- Erreger der Legionärskrankheit (schwere Lungenentzündung) und des Pontiac Fiebers (grippeähnliche Erkrankung)
- Im Jahr 1976 nach einem Treffen der US-Kriegsveteranenvereinigung waren 181 ältere Personen an einer Lungenentzündung lebensbedrohlich erkrankt – Ursache war damals nicht bekannt
- Ein Jahr später wurde ein Bakterium *Legionella pneumophila* als Erreger identifiziert
- Infektionsquelle war das Kühlwassersystem der Klimaanlage des Hotels



B. Bartha-Dima, LGL



Legionellose

- Übertragung durch Aerosole, nicht von Mensch zu Mensch übertragbar
- Infektiöse Dosis unbekannt
- „Klassische“ Ausbrüche – meistens im Zusammenhang mit Rückkühlanlagen
 - 2001, Murcia (Spanien): 449 (6)
 - 2003 – 2004 Pas-de-Calais, Frankreich: 86 (18)
 - 2005 Sarpsborg, Norwegen: 56 (10)
 - 2006 Amsterdam, Holland: 31 (3)
 - 2010 Neu-Ulm: 64 (5)
 - 2013 Warstein: 160 (2)
 - 2014 Jülich: 39
 - 2014 Vila Franca de Xira, Portugal: 334 (10)
 - 2015 New York, South Bronx: 133 (16)
 - 2015 – 2016 Bremen: 45 (3)
- Überwiegend Einzelfälle, wenige Personen betroffen, Hausinstallation als Quelle

Legionellen-Infektionen in Deutschland

CAPNETZ-Studie

(Kompetenznetzwerk ambulant erworbene Pneumonie)

- jährlich rd. 1000 gemeldete Legionellose in Deutschland
- Ambulant erworbene Pneumonien - 4% durch Legionellen
- Hohe Dunkelziffer: vermutet wird 15.000-30.000 Legionellen-Pneumonien jährlich in Deutschland (ähnlich häufig wie z.B. Hepatitis B, Denguefieber)

Letalität

- ca. 5%

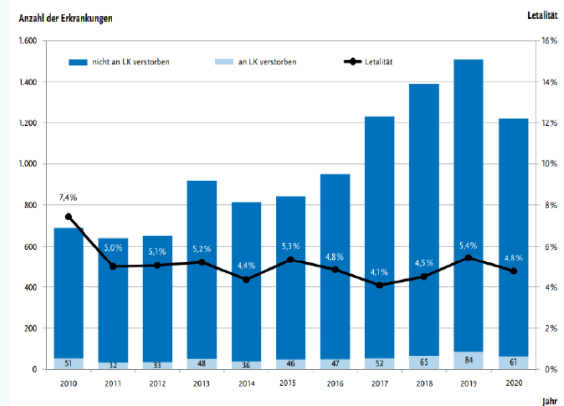


Abb. 8 | Anzahl der an das RKI übermittelten Erkrankungen und Todesfälle von Legionärskrankheit (LK) sowie die Letalität, Deutschland, 2010–2020.

RKI Epidemiologisches Bulletin 42 (2021) -
Legionärskrankheit in Deutschland 2010 bis 2020



www.lgl.bayern.de

5

Legionella Nachweismethoden

Klinische Diagnostik:

- *Legionella* Antigen Nachweis im Urin: meistens nur Infektionen durch *Legionella pneumophila* der Serogruppe 1
- Kultureller Nachweis: Anzuchtung aus Sekreten des Respirationstrakts (z.B. Sputum, bronchoalveolärer Lavage, Trachialsekret) auf Spezial-Medien
- Nukleinsäurenachweis (z.B. PCR) aus Sekreten des Respirationstrakts oder Lungengewebe

Wasser/Umweltproben:

- Kultureller Nachweis
- Molekularbiologische Nachweismethoden (z.B. PCR)
- Antikörper-basierter Nachweis

Feintypisierung:

- Typisieren mit monoklonalen Antikörpern (MAb-Subtypen)
- Sequenzbasierte Typisierung der aus respiratorischen Proben gewonnenen DNA (Sequenz-Typen)
- Gesamtgenomsequenzierung (NGS)



www.lgl.bayern.de

6

Was bedeutet monoklonaler (Mab) Subtyp?

Spezies:	<i>Legionella pneumophila</i>	<i>Legionella anisa</i>	<i>Legionella longbeachae</i>	<i>Legionella cincinnatiensis</i>	<i>Legionella micdadei</i>	...
-----------------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	-----

Serogruppe:	<i>L. pneumophila</i> Serogruppe 1	<i>L. pneumophila</i> Serogruppe 2	<i>L. pneumophila</i> Serogruppe 3	<i>L. pneumophila</i> Serogruppe 4	...
--------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	-----

Monoklonale Subtypen:	<i>L. pneumophila</i> Sg1 Philadelphia	<i>L. pneumophila</i> Sg1 Knoxville	<i>L. pneumophila</i> Sg1 Olda	...
------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------------	-----

- Reaktivität mit einem Panel monoklonaler Antikörper
- Bezeichnung eines Typs nach eine Stamm mit diesem Muster z. B.: 1,2,3 für Knoxville

Dresden	8/5	3/1		10/6		8/4	20/1
Standard Panel	1	2	3	4	5	6	7
Philadelphia	+++	+++	0	0	+++	+++	0
Knoxville	+++	+++	+++	0	0	+++	0
Olda	+++	0	0	0	0	+++	+++
Benidorm	+++	+++	0	0	+++	0	+++

C. Lück IMMh TU Dresden



www.lgl.bayern.de

7

Feintypisierung am LGL seit Herbst 2017 möglich

Typisierungszeitraum	<i>L. pneumophila</i> SG 1	Infektionsort	
Okt./Nov. 2017	MAB-Typ Knoxville, Sequenztyp (ST) 182	Wellnessbereich Hotel	
Jan. 2018	MAB Typ Olda, ST 1	Pension A? (WGS wäre erforderlich)	
Jan./Febr. 2018	MAB-Typ Benidorm, Allelformel 1,1,3,1,1,1,9	Mehrfamilienhaus	
Febr./März 2018	MAB-Typ Allentown/France, ST 82	Pension B	
Juni 2018	MAB-Typ Philadelphia, ST 1	Klinik A	
Aug. 2018	MAB-Typ Philadelphia, ST 1	Reha-Einrichtung A? (WGS wäre erforderlich)	
Aug. 2018	MAB-Typ Benidorm, ST 8	Klinik B	
Sept./Okt. 2018	MAB Typ Olda, ST 1	Mehrfamilienhaus? (WGS wäre erforderlich)	
Sept./Okt. 2018	MAB Typ Olda, ST 1	Einfamilienhaus? (WGS wäre erforderlich)	

Untersuchungsantrag für eine Legionellentypisierung
Die Untersuchung ist nach § 18 Abs. 3 IfSG kostenfrei

Einsender Anschrift: Zuständiges Gesundheitsamt (Antragsteller): Ansprechpartner/in: E-Mail:		Bayrisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit ☒ LGL Erlangen Sachbereich ST 1 (Hygiene) Hygiene Labor D Bau Dr. Maria Wagner Eigenheimstr. Weg 43 91058 Erlangen Tel.: (0511) 6008 - 2202 Fax: (0511) 6008 - 2886 E-Mail: legionella@lgl.bayern.de ☐ LGL Oberes-Mittel-Rhein Sachbereich ST 1 (Hygiene) Hygiene Labor B Bau Dr. Christian Tuschek Volkstr. 2 66254 Oberschleishorn Tel.: (02131) 6008 - 4021 Fax: (02131) 6008 - 4451 E-Mail: legionella@lgl.bayern.de	
Anschrift: Koordination / Einrichtung (bei Patienteneinsatz): Anschrift: Labor:		Ansprechpartner/in: Telefonnummer: E-Mail: Ansprechpartner/in: Telefonnummer: E-Mail:	
Proben-Nr.:		LGL Probennummer:	
Probentransport (Einsendematerial eingekühlt gelagert): ☐ gekühlt ☐ ungekühlt		Wird vom LGL ausgekühlt: ☐	
Probentyp: ☐ Patienteneinsatz ☐ Wasserisolat ☐ Sonstiges:			
Probenstatus: ☐ Patient oder Wasser (bei Wasserpunktschleife: Probenahmeort, Probenmedium, Probenart, etc.)		Probenidentifizierung: (TT, NM, HMM, ... etc.) (Lage auch bei Wasserisolat angeben, sofern Bezug besteht)	
(Formel) Probenstatus: ☐ (Einsendematerial) (Anforderungsbildung des *Zusatzes ** Vorname und *** Geschlecht: 1 = männlich, 2 = weiblich)			
Untersuchungsmaterial: ☐ Isolat ☐ DNA ☐ Sonstiges:		gewonnen aus (z.B. BAL):	
Angaben/Ergebnisse zu bereits erfolgter Labordiagnostik (z.B. Ursubstanz, Serotypisierung, Antikörper, Spezies-Identifizierung, PCR, Nachweis, etc.):			
Besondere Mitteilungen:			
Name Einsender (falls in Einsendebrief):			



www.lgl.bayern.de

8

Faktoren, die das Wachstum von Legionellen in der technischen Umwelt begünstigen:

- Wassertemperaturen zwischen 20 und 45 °C
 - ab 50 °C kaum Wachstum (Inaktivierung, VBNC Zustand)
 - Abtötung erst oberhalb von 60°C
- Biofilmbeschaffenheit (große Oberflächen, Ablagerungen) – Amöben
- Durchflussprofil (verzweigtes Leitungsnetz mit Totleitungen, wenig genutzte Endstränge – STAGNATION)
- Nährstoffgehalt der verwendeten Materialien (Leitungsmaterialien aus für den Trinkwasserbereich nicht zugelassene Materialien)

Trinkwasser Rohrleitungen
Verdunstungsrückkühlwerke
Klimaanlagen
Autowaschanlagen
Springbrunnen
Whirlpools



www.lgl.bayern.de

9

Einige technische Vorgaben aus dem Regelwerk

- Planung und Arbeiten an der Trinkwasserinstallation nur durch Fachpersonal
- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung
- Wassertemperaturen:
 - Kaltwasser < 25°C (besser < 20°C)
 - Warmwasserspeicher ≥ 60°C, Peripherie und im Zirkulationsrücklauf ≥ 55 °C
- Vermeidung von Überdimensionierung
- Vermeidung von Stagnation
- Hydraulischer Abgleich des Zirkulationssystems
- Verwendung von Werkstoffen, von denen möglichst geringe Nährstoffkonzentrationen abgegeben werden
- Sachgerechte Inbetriebnahme
- Bestimmungsgemäßer Betrieb: Austausch des Wassers mind. alle 72 h

**Wasser muss
fließen!**



www.lgl.bayern.de

10

Aktuelle Projekte zum Thema Legionellen

DVGW-Forschungsprojekt W 201629: Schutz des Trinkwassers: Anforderungen an den bestimmungsgemäßen Betrieb kaltgehender Trinkwasser-Installationen unter dem Gesichtspunkt der Vermehrung von Legionellen (TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser Karlsruhe) – Abschlussbericht 2019

Prozessvorstellungen zur Vermehrung von Legionellen im Trinkwassersystemen:

- Eine Vermehrung der Legionellen findet in Trinkwasser-Installationssystemen ausschließlich in Anwesenheit von Amöben statt. Ohne Amöben war in keinem Fall, selbst bei Zusatz spezifischer Nährstoffe, eine Vermehrung zu beobachten.
- Amöben stellen den entscheidenden Wachstumsfaktor für die Legionellen in aquatischen System dar.
- Eine Vermehrung der Legionellen in den Amöben ist temperaturabhängig und findet erst bei Wassertemperaturen von >25 °C statt.
- Bei 30 °C Wassertemperaturen war bei dem untersuchten Temperaturspektrum die deutlichste Vermehrung der Legionellen zu verzeichnen.

LeTriWa Projekt: Legionellen in der Trinkwasser-Installation – Auswertung von Trinkwasseruntersuchungen und epidemiologische Fall-Kontroll-Studie (Laufzeit und Studienort: 2015 bis Juli 2020 in Berlin)

- Große Ausbrüche kommen selten vor und sind in erster Linie mit Verdunstungskühlanlagen assoziiert
- Etwas häufiger sind kleine Cluster/Ausbrüche mit Assoziation zur selben Infektionsquelle
- Überwiegende Anzahl der Infektionen sind sporadische Einzelfälle, vermutlich zum größten Teil durch häusliches Trinkwasser verursacht

Angaben zur Untersuchungspflicht der häuslichen TWI:

- Mehr als 2/3 der im privaten oder beruflichen Umfeld erworbenen Fälle (70 %) wurden von einer nicht untersuchungspflichtigen TWI versorgt (Einfamilienhäuser)
- Es konnte kein quantitativer Zusammenhang zwischen der Legionellen-Konzentration und einem möglichen Infektionsrisiko abgeleitet werden
- Wichtiger war in diesem Zusammenhang nicht so sehr die Höhe der Kontamination, sondern vielmehr die Anwesenheit von MAb 3/1 positiven Legionellen

Zusammenfassung:

- Legionellen sind weitverbreitete Wasserbakterien
- Vermehrung in 25 - 45 °C warmem Wasser, in Amöben
- Es gibt keine Dosis-Wirkung-Korrelation
- Virulente MAb 3/1 Subtypen sind für Mehrzahl der Infektionen verantwortlich
- Wasser:
 - kaltes Wasser muss kalt sein ($<20^{\circ}\text{C}$)
 - warmes Wasser muss warm sein ($\geq 60^{\circ}\text{C}$ bzw. $\geq 55^{\circ}\text{C}$)
 - Wasser muss fließen!

Vielen Dank!

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Infektiöse Adenoviren im Wasser: ein neuartiger Weg der Krankheitsübertragung

Dr. Sabrina Schreiner

Institut für Virologie
Technische Universität München
Ingolstädter Landstrasse 1
85764 Neuherberg

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224

Folien auf Anfrage per E-Mail:

sabrina.schreiner@tum.de
sabrina.schreiner@helmholtz-muenchen.de

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Mikrobiologie im Wasser verstehen – Methode zur direkten und quantitativen Analyse aller oder pathogener Bakterienzellen

Dr. Björn Biedermann

rqmicro AG
Brandstrasse 24
8952 Schlieren
Schweiz

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224



32. Wassertechnisches Seminar (WTS)

Mikrobiologie im Wasser verstehen
Methode zur direkten und quantitativen
Analyse aller oder pathogener Bakterienzellen

Björn Biedermann, PhD, Head of Sales & Marketing



Make Water Safe

rqmicro | Make Water Safe

1



Wer wir sind

Unser Mission: Wasser sicher machen – Make Water Safe

- Gegründet 2013 als Spin-Off der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH).
- Entwicklung, Produktion und Vermarktung von Analysegeräten und Reagenzien zur Quantifizierung von Bakterien im Wasser
- Schlüsseltechnologien: Immunomagnetische Aufreinigung, Mikrofluidik, Durchflusszytometrie



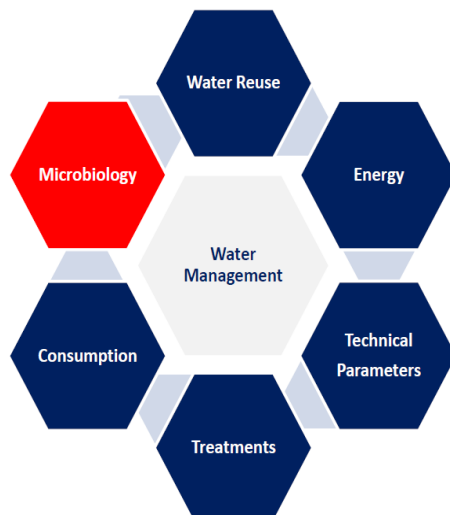
Microtechnology
Nanotechnology
Software development
Microbiology
Microfluidics
Biochemistry
Data science
Marketing
oelectronics
Finance
Strategy
Immunology
Image analysis

rqmicro | Make Water Safe

2

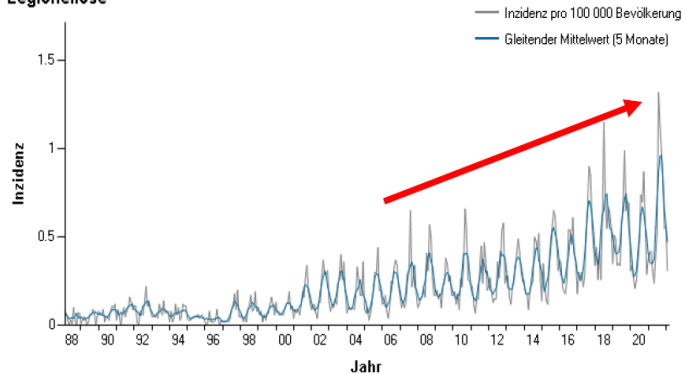
Wassermikrobiologie – sehr wichtig, aber schwierig zu verstehen

Wasser ist Lebensraum für Millionen von Mikroorganismen



Legionellose-Fälle in der Schweiz

Legionellose



BAG OFSP UFSP SFOPH

Stand 25.01.2022

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Erkrankungen	213	265	239	277	285	293	395	365	490	567	581	481	680	19

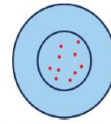
Warum haben wir eine neue Methode zur Quantifizierung von Legionellen entwickelt?



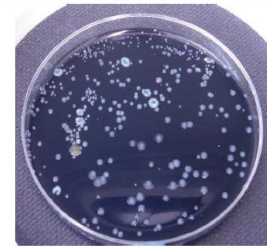
Standard Methode

10 - 14 Tage

Ergebnis



Hohe Variabilität



- Umständlich und zeitintensiv
- Sehr viel Erfahrung für Auswertung notwendig
- Faktoren, die zu einer hohen Variabilität beitragen
 - Begleitflora
 - Unspezifische Behandlungen (Hitze, Säure)
 - Ansätze mit sehr hohem Verdünnungsfaktor
 - Lebendige, aber nicht kultivierbare Legionellen (VBNC)

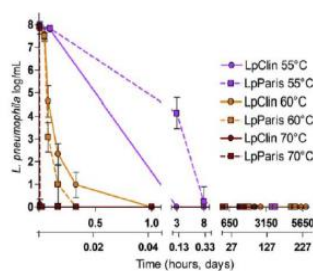
Detektion von VBNC notwendig, um Behandlungserfolg beurteilen zu können

Viability and infectivity of viable but nonculturable *Legionella pneumophila* strains induced at high temperatures

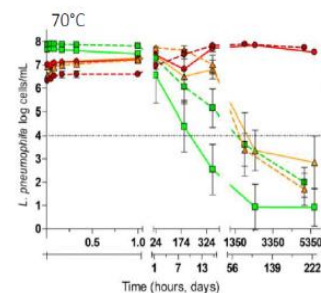
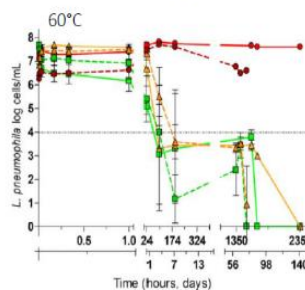
Silvia Cervero-Aragó ^{a, b, *}, Barbara Schrammel ^a, Elisabeth Dietersdorfer ^c, Regina Sommer ^{a, b}, Christian Lück ^d, Julia Walochnik ^c, Alexander Kirschner ^{a, b, e}

Water Research 158 (2019) 268-27

Kultivierbarkeit *L. p.* SG1



Analyse mittels Durchflusszytometrie



Membrane Integrität zeigt verschiedene Zustände an. Grün: intakte Zellen; Orange: Zwischenzustand; Rot: beschädigte, tote Zellen

Nicht kultivierbare Legionellen sind noch infektiös

Quantifizierung aller Legionellen (inkl. VBNC) ist für das Verständnis eines Wassersystems notwendig

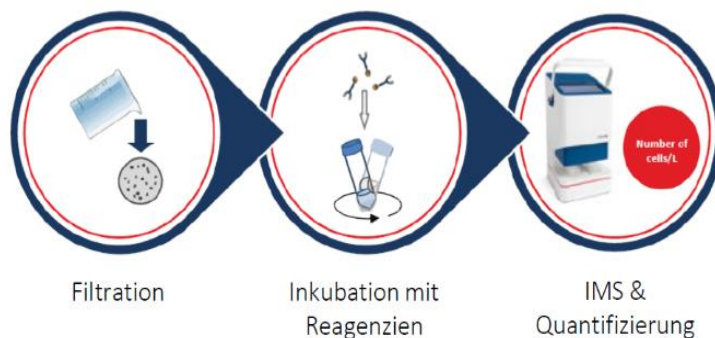
70°C	T0	T2m	T10m	T60m	T24h	T4d	T8d	T56-98d
LpClin_amoebae								
Moi 1	7d				11d			
Moi 100		7d	7d	7-14d		7-14d	3-10d	
Moi 400	7-12d	4d		7d	3d	3-14d	3d	
culture	+	-	-	-	-	-	-	-
LpClin_THP-1								
Moi 50	1-7d	1-4d	6d	4-6d	3d	7d	3-6d	
Moi 100	1-4d	1-7d	4-7d	4d	3-6d	3-7d	3-7d	
culture	+	-	-	-	-	-	-	-
LpParis_amoebae								
Moi 1		4d						
Moi 100	4d	4d	4d	4d	3d	3-4d	3d	
Moi 400	1-4d	4d	4d	4-8d	3d	3-4d	3d	
culture	+	-	-	-	-	-	-	-
LpParis_THP-1								
Moi 50	4-7d	3-4d	4-7d	4-7d	3-6d	3-7d	3d	
Moi 100	1d	3-7d	4d	4d	3-7d	3-4d	3-4d	
culture	+	-	-	-	-	-	-	-

Fig. 7. Culturability and infectivity patterns of the two *L. pneumophila* strains incubated at 70 °C. *Legionella* microcosms were analysed at different times. Nonculturable cells (8 log reduction) are plotted within the pink square box. The dashed line accounts for differences between replicates. Infectivity was analysed by co-culture with *Acanthamoeba* and THP-1 cells at different MOIs. Culturability after passage through hosts is plotted below the MOIs; (+) culturable and (-) nonculturable. The numbers within the wells represent the days required to observe an infection in co-culture with the hosts. Green wells: all replicates infective; yellow wells: two replicates infective; orange wells: one replicate infective; red wells: no infection observed. White wells without number: not analysed; m = minutes; h = hours; d = days. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

MOI: Multiplicities of infection

Arbeitsablauf Legionellenanalyse auf dem rqmicro.COUNT

Immunomagnetische Aufreinigung (IMS) und Quantifizierung



rqmicro
rapid quantitative microbiology

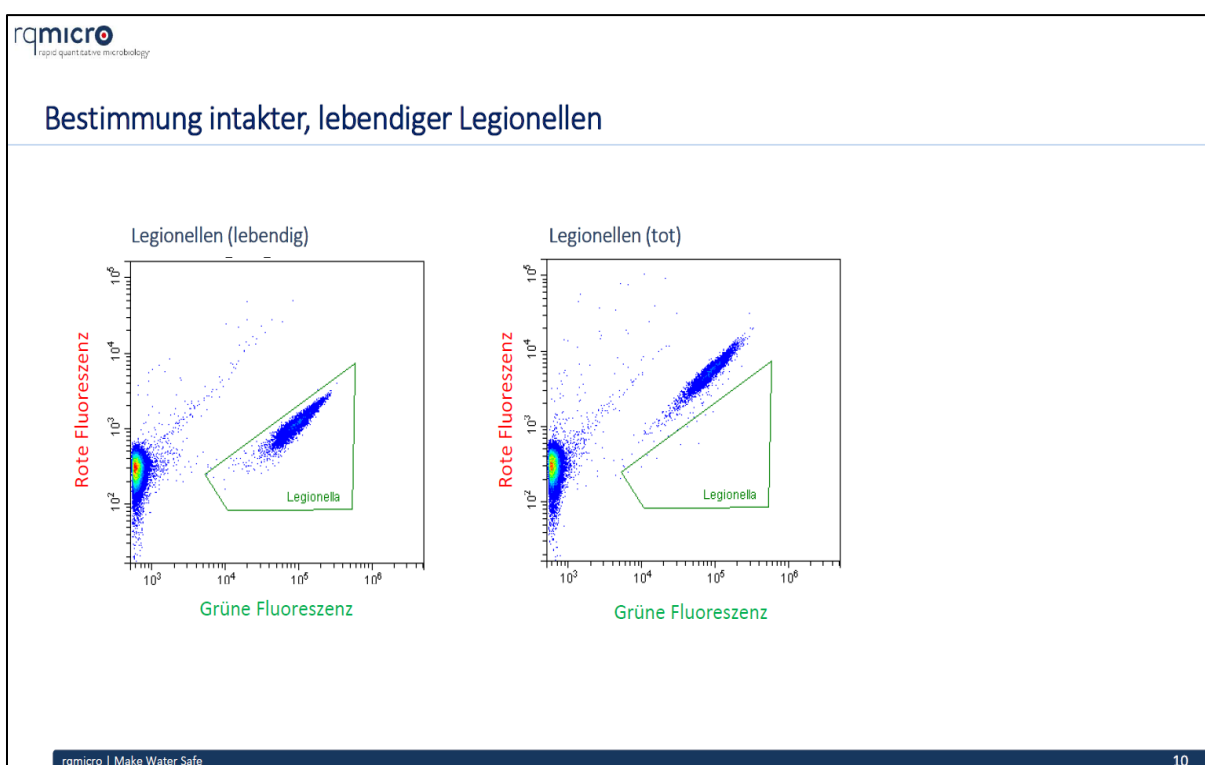
rqmicro.COUNT Kartuschenbasiertes Durchflusszytometer

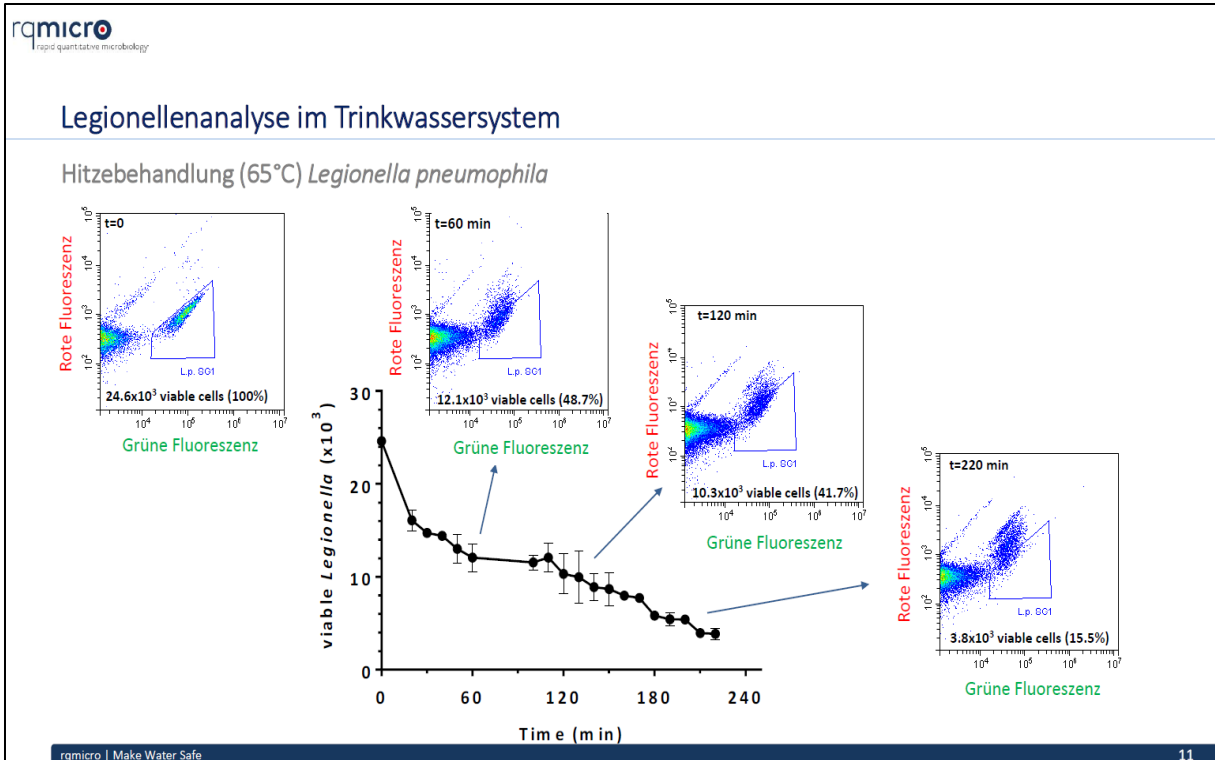
Zellzahlbestimmung mit oder ohne vorheriger immunomagnetischer Aufreinigung

The diagram illustrates the workflow of the rqmicro.COUNT system. It starts with 'Zellmarkierung' (cell labeling) using 'Fluoreszenz-farbstoffe' (fluorescent dyes). The sample is then processed in a 'Mikrofluidische Kartusche' (microfluidic cartridge) which includes 'Immunomagnetische Aufreinigung' (immunomagnetic purification) using a magnet. The flow is controlled by 'Puffer' (buffer) and 'Probe' (sample). The final step is 'Zellzählung' (cell counting) using a 'Laser' and 'Zielzellen in Pufferlösung' (target cells in buffer solution). The system also includes an 'Abfall' (waste) outlet. A photograph of the physical device is shown on the right.

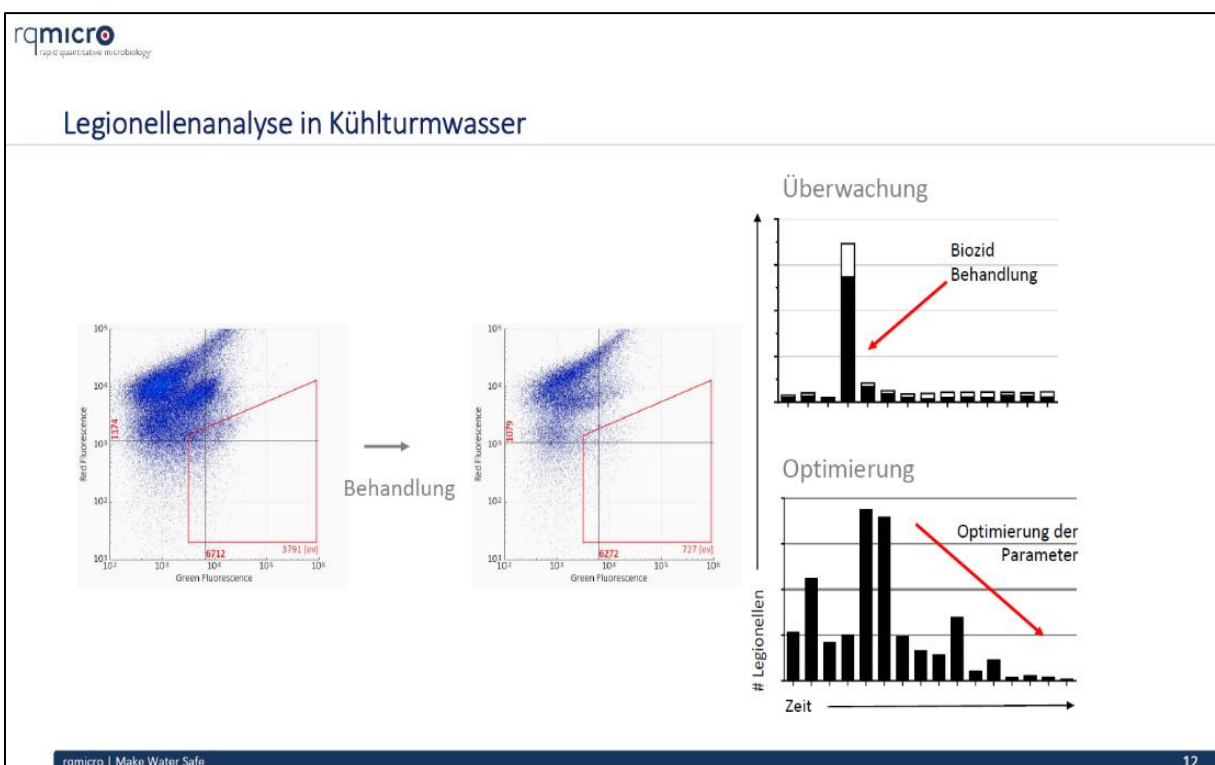
rqmicro | Make Water Safe

9





11



12

rqmicro
rapid quantitative microbiology

Gesamtzellzahlbestimmung (GZZ)

Arbeitsablauf

Wasserprobe (1ml) → Zugabe GZZ Reagenzien → Inkubation

Prinzip
Basierend auf Methode aus dem Schweizer Lebensmittelbuch (2012 333.1)

SYBRgreen

Vergleich zur etablierten Methode

Trinkwasser

Auch mit Kühlturmwater möglich (mit Verdünnung)

rqmicro | Make Water Safe

13

rqmicro
rapid quantitative microbiology

Neu: *E. coli* Bestimmung

Eine Kombination aus verschiedenen Nanobodies wird verwendet, um alle *E. coli* zu binden

Arbeitsablauf

Filtration Wasserprobe → Zellen abwaschen → Zugabe Reagenzien → Inkubation

Prinzip
Nanobodies erkennen unterschiedliche Membranproteine (OMP)

Analyse rqmicro.COUNT

Vergleich zur Kultivierungsmethode

Trinkwasser
angeimpft mit *E. coli*

Umweltproben:
Trink-, See-, Flusswasser

rqmicro | Make Water Safe

14



Make Water Safe





Björn Biedermann, PhD
Head of Sales
E: bjoern.biedermann@rqmicro.com
M: +41 78 9737333

rqmicro AG
Brandstrasse 24
CH-8952 Schlieren
Switzerland

rqmicro AG Rep. Office China
BioFM Fenglin Biomedical Center
2F, Building A, Fenglin Plaza II
Fenglin Road 420
Xuhui District, Shanghai
China



rqmicro AG | Brandstrasse 24 | 8952 Schlieren | Switzerland | www.rqmicro.com | info@rqmicro.com | CONFIDENTIAL

15

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Standardisierung von kultivierungsunabhängigen Methoden für Fachlabore

PD Dr. Michael Seidel

Lehrstuhl für Analytische Chemie und Wasserchemie
Technische Universität München
Lichtenbergstraße 4
85748 Garching

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

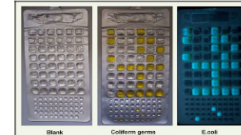
Nr. 224

Kultivierungsmethoden – der Goldstandard seit über 100 Jahren

- Kultivierung von Bakterien ist kostengünstig
- Kultivierung benötigt keine anspruchsvolle Probenvorbereitung
- Sehr sensitive Methode
- Alle notwendigen Informationen für eine hygienische Bewertung werden erbracht: Anwesenheit von Bakterien und deren Kultivierbarkeit

TrinkwV: Mikrobielle Indikatoren im Trinkwasser (0 *E. coli* in 100 mL, 0 *E. faecalis* in 100 mL)

Pathogene (0 *P. aeruginosa* in 100 mL, 100 *Legionella* spp. in 100 mL)



42. BImSchV: *Legionella* spp. in Verdunstungsrückkühlanlagen, Kühltürmen und Nassabscheidern: 100 bzw. 500 KBE / 100 mL (Grenzwert), 10,000 bzw. 50,000 KBE / 100 mL (Maßnahmenwert)



- Quantifizierung bei hoher Begleitflora schwer möglich
- Nicht representative Probenahme (20 – 100 mL aus mehrere m³ Nutzwasser)
- Zeitintensiv (7 – 10 Tage)

2

Empfehlung des Umweltbundesamts für den Ausbruchsfall

„Im Ausbruchsfall ist es wichtig, alle im Wasser einer Anlage vorkommenden **Legionellenarten und -serotypen** zu erfassen. [...] und ggf. weiter zu charakterisieren

...

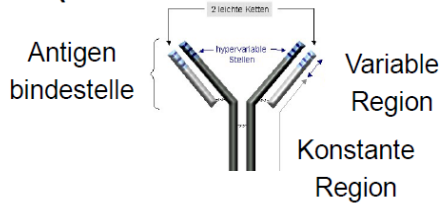
Außerdem sind im Ausbruchsfall zum **schnellen Screening** von Anlagen auf das Vorhandensein von Legionellen auch zusätzlich zur Kultivierung andere, **schnellere Nachweisverfahren** (z.B. qPCR) sinnvoll

Der Weg für kulturunabhängigen Methoden ist prinzipiell frei

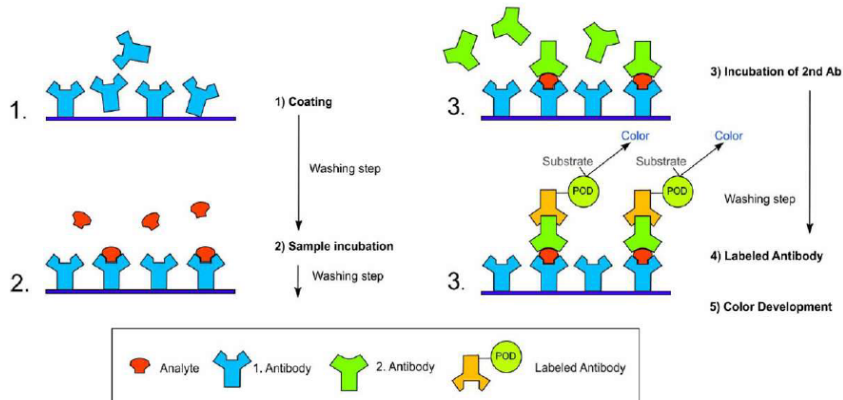
3

Antikörper-basierte Nachweisverfahren

(Immunoassays)



- Antikörper erkennen Antigen
- Bakterien werden über einen Sandwich-Immunoassay bestimmt

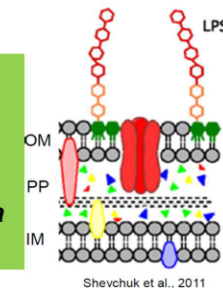


6

Kulturunabhängige Nachweismethoden für *Legionella* spp. oder *Legionella pneumophila*

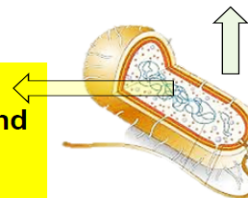
Immunoassays:

- + direkte Messmethode
- + schnell und einfach zu automatisieren
- Kein einzelner Antikörper für die Gesamtheit einer Spezies (*Legionella* spp.) vorhanden (nur *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 – 15)



Molekularbiologische Methode:

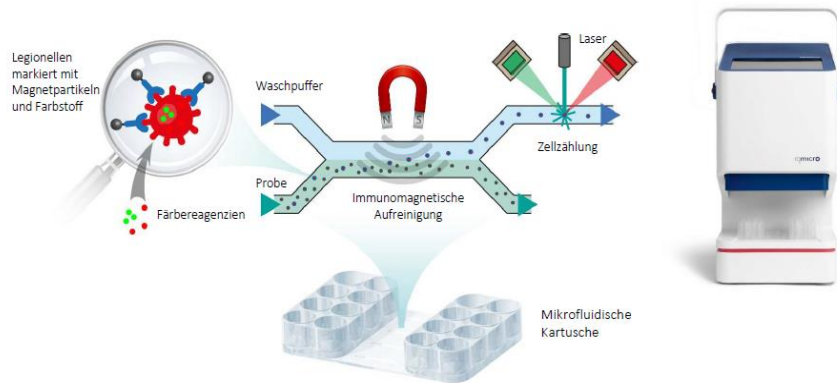
- + Bestimmung einer Spezies (*Legionella* spp.) und eines seiner Pathogengene (*Legionella pneumophila*) möglich
- DNA-Extraktion



5

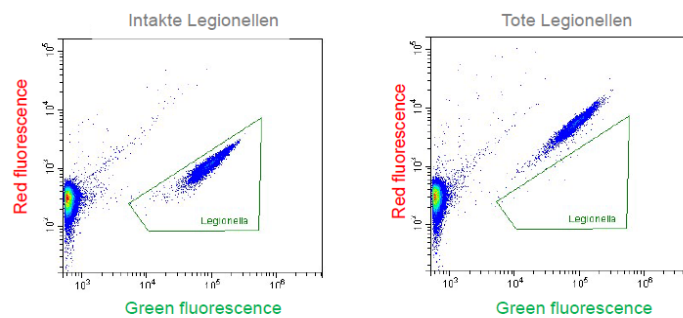
Probenaufreinigung und Analyse mit dem rqmicro.COUNT

Automatische immunomagnetische Aufreinigung und Zellzählung auf einer mikrofluidischen Kartusche



rqmicro Legionellen Analyse

Zellzählung mittels Durchflusszytometrie



Jeder Punkt im "Legionella" Gate stellt eine intake/lebendig Zelle dar.

Mikroarray-Analyseplattform LegioTyper



LegioTyper Testgerät

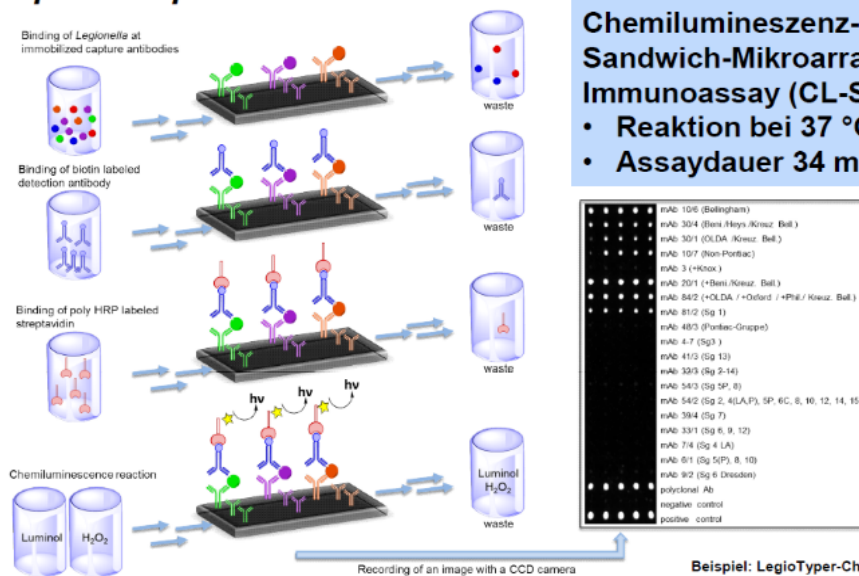


Plastik-Mikroarraychip

- **MCR-Technologie: Flussbasierte Chemilumineszenz-Mikroarray-Immunoassays**
- Serotypisierung von *Legionella pneumophila*
- Polycarbonat-basierter Mikroarraychips

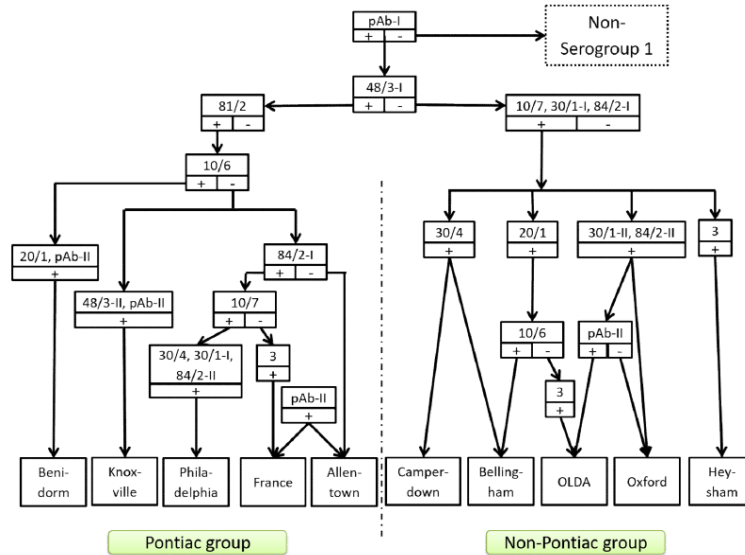
9

Antikörper-basierte Quantifizierung von *Legionella pneumophila*



10

LegioTyper-Panel *Legionella pneumophila* Sg1



Kober et al., unpublished data

11

Zielsetzung im WIPANO-Projekt: LegioRapid

- Erarbeitung von Validierungsprotokollen, damit Labore ihre **Expertise für die kulturunabhängige Analyse** von *Legionella* spp. und *Legionella pneumophila* in Verdunstungskühlanlagen erbringen können.
- VDI Richtlinie 4250 Blatt 2: Validierungsprotokolle, Risikoanalyse, Methodenbeschreibung, Leistungsbewertung einzelner Analysemethoden

12

LegioRapid – Validierung folgender Methoden

- LegioTyper
 - Qualitativer Screening-Test am Maßnahmenwert
 - Chips für den Nachweis von *L. pneumophila* SG 1 und Serotypen
- IMS und Durchflusszytometrie
 - Quantitativer Test im Bereich der Prüf- und Maßnahmenwerte
 - Nachweis von *L. pneumophila*
- Integritäts-qPCR (v-qPCR)
 - Quantitativer Test im Bereich der Prüf- und Maßnahmenwerte
 - Nachweis von *L. pneumophila*

18

LegioRapid – Validierungskonzept standardisierte Proben

Herstellung von Standards: Lebende *Legionellen pneumophila* als
Cryostocks
Quantifiziert mit rqmicro-Methode

TUM

TU Dresden

LGL

Dotierung in 110 mL (EVIAN und artifizielles Prozesswasser,
wasserchemische Zusätze von AquaConcept)

- Aufkonzentrierung durch Filtration nach Methodenbeschreibung vom Hersteller
- Probenvorbereitung (Elution, Reagenzienzugabe, DNA-Extraktion bei qPCR) nach standardisierten Protokollen

14

Strategie eines quantitativen Tests für (v)-qPCR und IMS-FCM

- *Legionella pneumophila* Serogruppe 1 Subtyp Philadelphia
- *Legionella pneumophila* Serogruppe 4
- *Legionella pneumophila* Serogruppe 6

Zellzahl/100 mL	Evian	Artifizielles Prozesswasser	Prozesswasser 2	Prozesswasser 3
0	3x	3x	3x	3x
100	3x	3x	3x	3x
500	3x	3x	3x	3x
1000	3x	3x	3x	3x
5000	3x	3x	3x	3x
10000	3x	3x	3x	3x
50000	3x	3x	3x	3x
100000	3x	3x	3x	3x

15

Strategie eines qualitativen Tests für LegioTyper

L. pneumophila SG 1 Serotyp	Zellzahl der dotierten Proben (ausgehend vom Maßnahmenwert 10000 KBE/100 mL)			
	0 Zellen / 100 mL	10 ⁴ Zellen / 100 mL	10 ⁵ Zellen / 100 mL	10 ⁶ Zellen / 100 mL
Allentown	3x	3x	3x	3x
Bellingham	3x	3x	3x	3x
Benidorm	3x	3x	3x	3x
Camperdown	3x	3x	3x	3x
Heysham	3x	3x	3x	3x
Knoxville	3x	3x	3x	3x
OLDA	3x	3x	3x	3x
Oxford	3x	3x	3x	3x
Philadelphia	3x	3x	3x	3x

16

Fallstudie: Überprüfung einer Verdunstungskühlanlage nach Überschreitung des Maßnahmenwertes

Kultur: negativ

Teststreifen-Test (*Legionella pneumophila* Sg1): negativ

Parameter	Unit	evaporative cooler 1	evaporative cooler 2
Bacterial count	CFU/mL	<10 ³	<10 ³
Biocide		BerkeCID CDS	BerkeCID CDS
pH-value		8.3	8.7
Turbidity	FAU	17	1
Conductivity	µS/cm	1001	1363
Calcium hardness	°dH	12.6	21.3
TOC	mg/L	56.75	16.51
Filterable materials	mg/L	5.5	2.9

17

Ergebnisse mit rqmicro® -Gerät

water system	# of events	cells / 100 mL	measurement date
ECS 1	904	5.017	13.07.2021
ECS 1	1.935	10.739	13.07.2021
ECS 1	1.667	9.252	14.07.2021
ECS 1	1.701	9.441	14.07.2021
ECS 2	347	1.926	13.07.2021
ECS 2	350	1.943	13.07.2021
ECS 2	361	2.004	14.07.2021
ECS 2	327	1.815	14.07.2021

$$\rightarrow c(\text{ECS 1}) = (9.810 \pm 661) \frac{L.pneumophila \text{ Sg1} - 15 \text{ intact cells}}{100 \text{ mL}} \quad \text{for } n = 3$$

$$\rightarrow c(\text{ECS 2}) = (1.922 \pm 68) \frac{L.pneumophila \text{ Sg 1} - 15 \text{ intact cells}}{100 \text{ mL}} \quad \text{for } n = 4$$

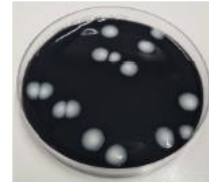
*ECS = evaporative cooling system

18

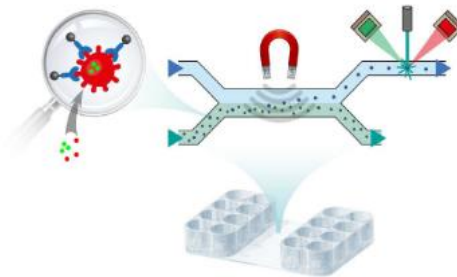
Überprüfung der Kultivierbarkeit im Prozesswasser



Kultur vor IMS



Kultur nach IMS



19

Kulturbestimmung nach IMS

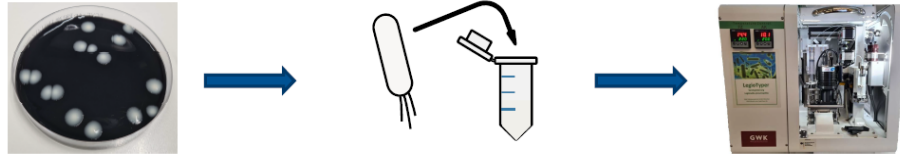
water system	dilution	counts	calculated CFU/100mL
ECS 1	50µL (factor = 100)	No colonies	0
ECS 1	50µL (factor = 100)	No colonies	0
ECS 1	100µL (factor = 50)	No colonies	0
ECS 1	100µL (factor = 50)	No colonies	0
ECS 2	50µL (factor = 100)	2	220
ECS 2	50µL (factor = 100)	13	1430
ECS 2	100µL (factor = 50)	15	833
ECS 2	100µL (factor = 50)	29	1610

$$\Rightarrow c(\text{ECS 1}) = 0 \frac{\text{CFU}}{100 \text{ mL}} \quad \text{for } n = 4$$

$$\Rightarrow c(\text{ECS 2}) = (1.526 \pm 84) \frac{\text{CFU}}{100 \text{ mL}} \quad \text{for } n = 2$$

20

LegioTyper-Messung nach Kultur



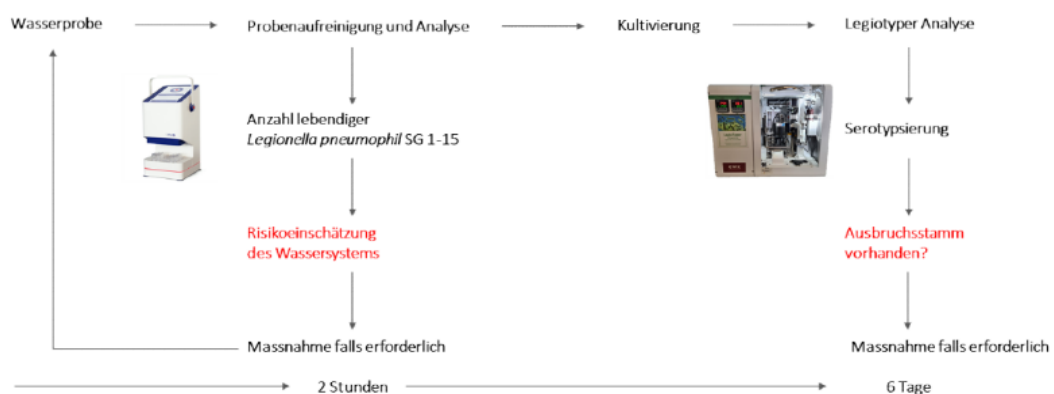
Spots	84/2	30/1	30/4	10/6	3	20/1	10/7	48/3	81/2	pAb
TH	3332	285	1920	589	1886	596	399	1586	185	751
Chip 1	1684	494	1549	262	674	871	0	551	0	1444
Chip 2	7088	782	1304	215	614	642	191	60	129	3375
Chip 3	3190	418	1027	111	603	489	47	144	59	1205
Chip 4	2879	151	631	2	402	152	0	177	0	1188

SG1?

SG1-15

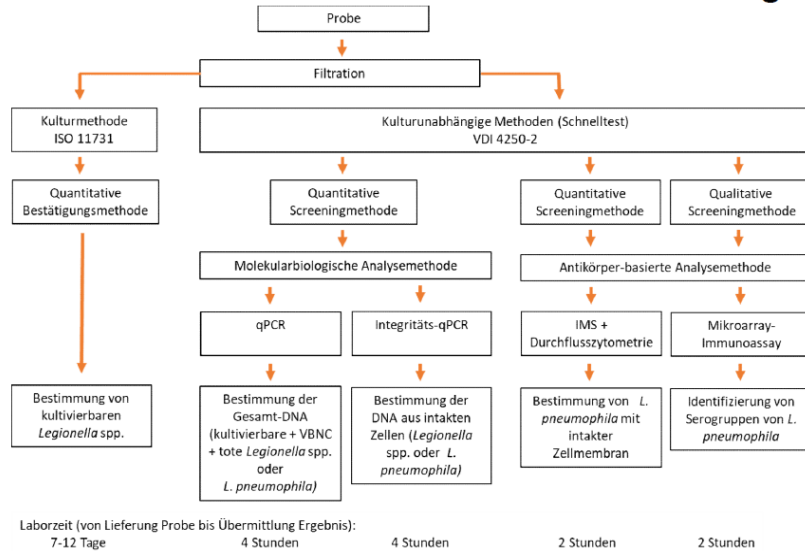
21

Legionellen-Expertenlabor der TUM



22

Einsatz von Kultur und kulturunabhängigen Methoden für die Gefährdungsanalyse von Verdunstungskühlanlagen bei Prüfwert- -oder Maßnahmenwertüberschreitung



23

Danksagung

Projektpartner LegioRapid



Bayerisches Landesamt für
Gesundheit und Lebensmittelsicherheit



Industriemittel:

rqmicro, AquaConcept, Endress + Hauser

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Mehr Information unter www.LegioRapid.de

24

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

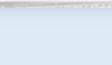
Schwebstoffe als Störfaktoren – Entschlüsselung eines potenziellen Verlustrisikos bei der Extraktion von DNA aus Umweltwasserproben

Dr. Rita Linke

Technische Universität Wien
Institut für Chemieingenieurwesen
Gedreidemarkt 9/166
1060 Wien, Österreich

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224


Institute of Chemical, Environmental and Bioscience Engineering

Content:

- Aim of the study & hypothesis formulation**
- Characteristics of the habitat selected for the study**
- Applying a multi-level test strategy for hypothesis testing**
 - Collecting Field Evidence That Chemo-Physical Parameters Influence DNA Extractability
 - Laboratory Testing of the Hypothesis
 - Modification of DNA Extraction Protocols to improve DNA extraction efficiency
 - Impact of the Modified DNA Extraction Protocol on Molecular Fecal Pollution and MST Marker Results
- Conclusions**



Institute of Chemical, Environmental and Bioscience Engineering



ICEBE
IMAGINING
NATURE



ICC
Water & Health
XL

Aim of the study & hypothesis formulation

- ▮ **Methods for molecular fecal pollution diagnostics and microbial source tracking (MST) increasingly used worldwide**
- ▮ **Usually, these parameters are determined by applying a quantitative polymerase chain reaction (qPCR) to DNA extracted from environmental samples (e.g., water, soil, sediment).**

Hypothesis - From soil microbiology, a possible adsorptive effect of sediments strongly reducing DNA extraction efficiency is known. We hypothesized similar effects might become effective in water samples with high amounts of total suspended solids

Aim of the present study to investigate a possible influence of the sample matrix on the extraction efficiency of DNA from water samples



Institute of Chemical, Environmental and Bioscience Engineering



ICEBE
IMAGINEERING
NATURE



Water & Health
ICC
www.icc-wiath.at

The selected habitat and its characteristics

National Park Lake Neusiedl, lowlands of Eastern Austria

Lake Neusiedl

- Large and shallow steppe lake
- nearly closed system without natural outlet
- receiving 80% of its water input from precipitation
- Surrounded by a reed belt
- Importance: recreation area

Smaller lakes in the surroundings

characterized by high salinity due to mineral salts ascending with groundwater

Wien







Institute of Chemical, Environmental and Bioscience Engineering



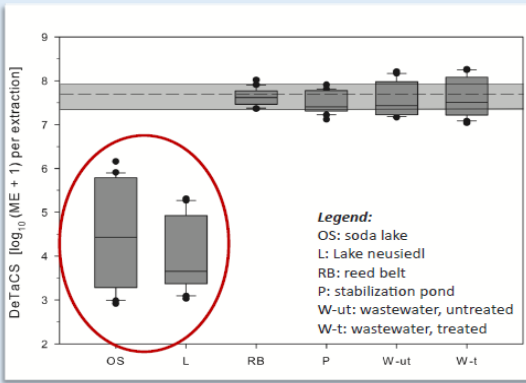
ICEBE
IMAGINEERING
NATURE



Water & Health
ICC
www.icc-wiath.at

I) Collecting Field Evidence That Chemo-Physical Parameters Influence DNA Extractability

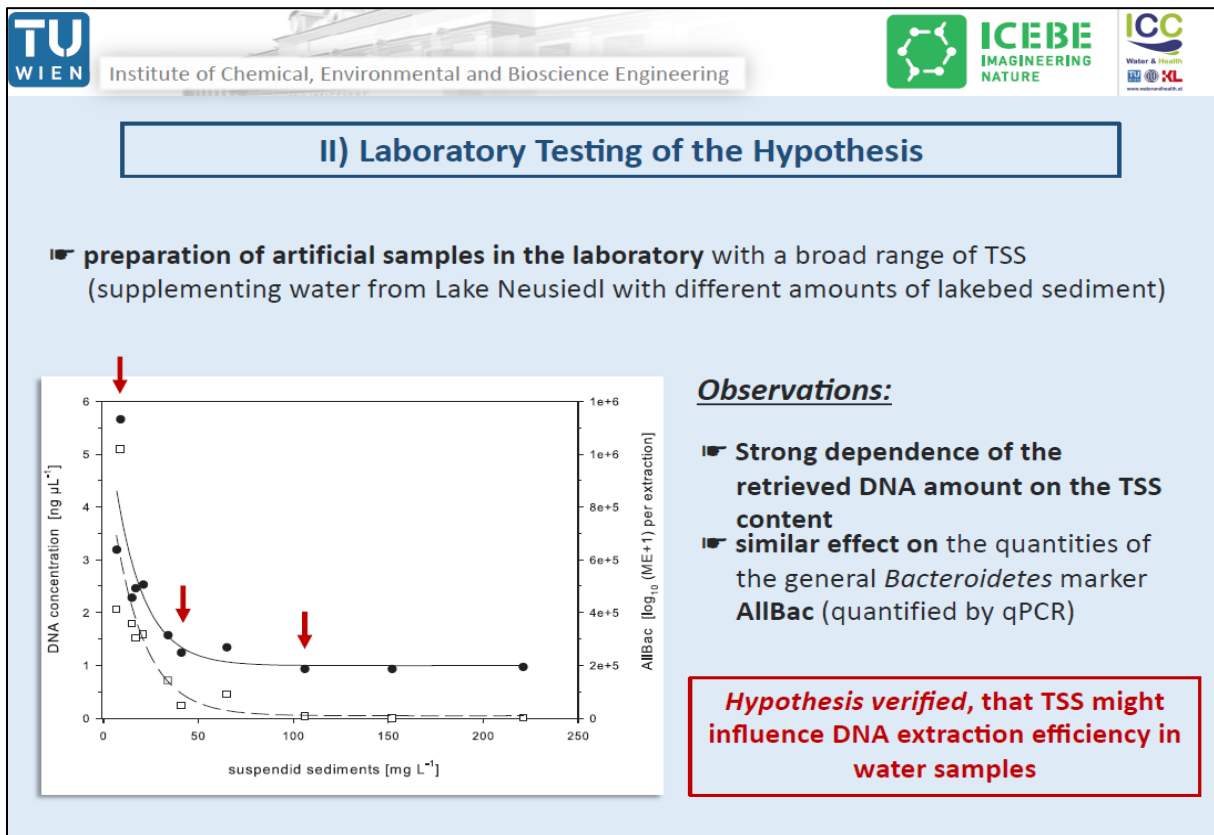
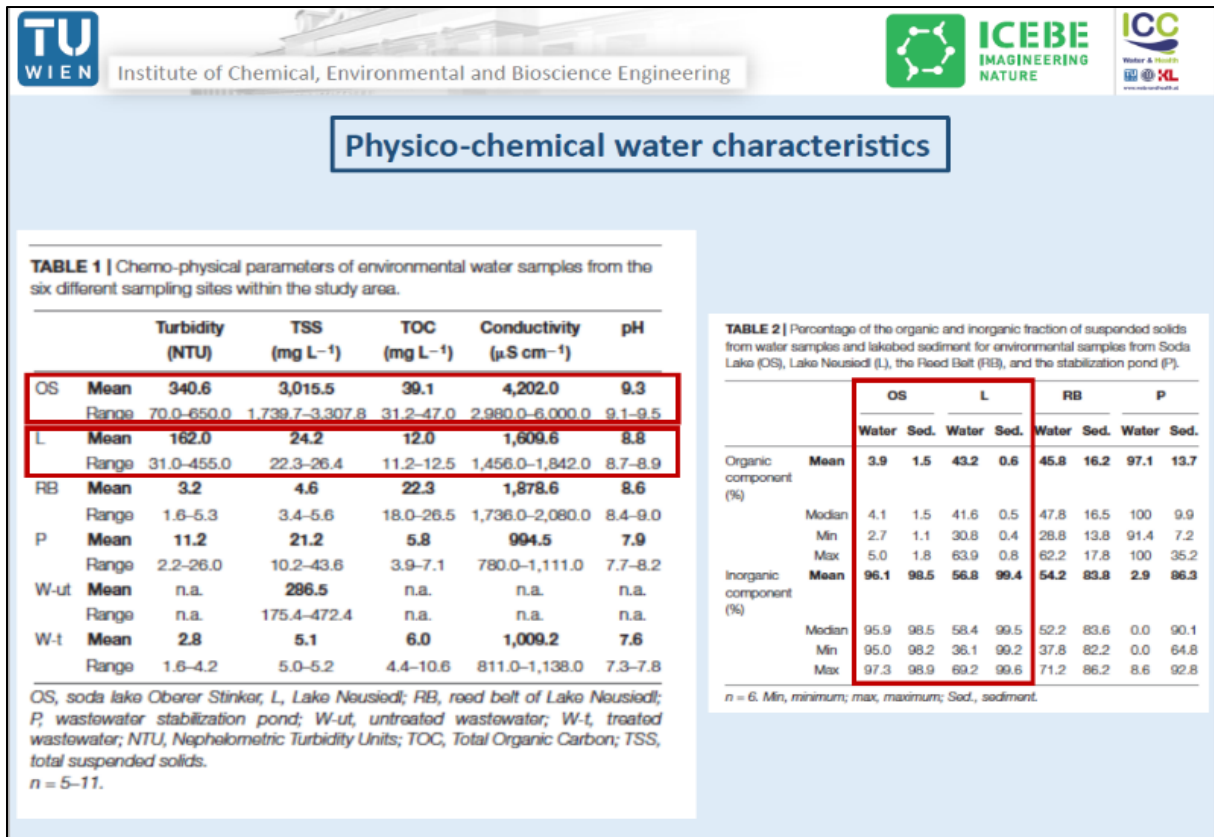
☛ application of a newly developed **sample process control** (DeTaCS, Defined Target Cell Standard) should be applied to gain **insights into sample processing efficiencies**



Legend:
 OS: soda lake
 L: Lake neusiedl
 RB: reed belt
 P: stabilization pond
 W-ut: wastewater, untreated
 W-t: wastewater, treated

Observations:

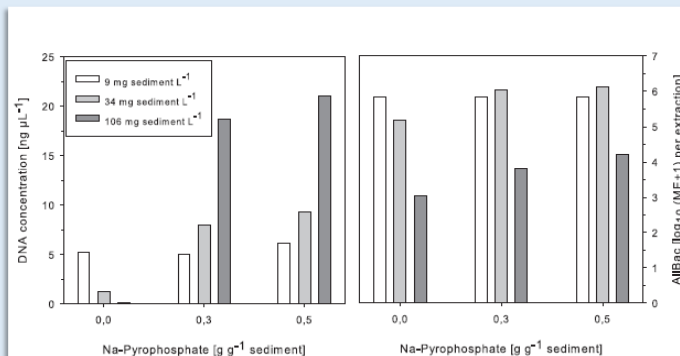
- ☛ low to no DNA could be extracted from water samples in the investigated habitat
- ☛ **most strongly affected:** samples from the soda lake and Lake Neusiedl; **highest levels of total suspended solids (TSS)**
- ☛ samples with **high organic content** (reed belt, stabilization pond and wastewater) much **less or not affected**



Modification of the DNA Extraction Protocol to potentially improve DNA extraction efficiency

- from soil studies **adaptation of DNA extraction protocols to improve DNA extraction efficiency** are known. **We tested to different additives as adsorption site blockers**

I) Supplementing the DNA extraction buffer with Na-Pyrophosphate

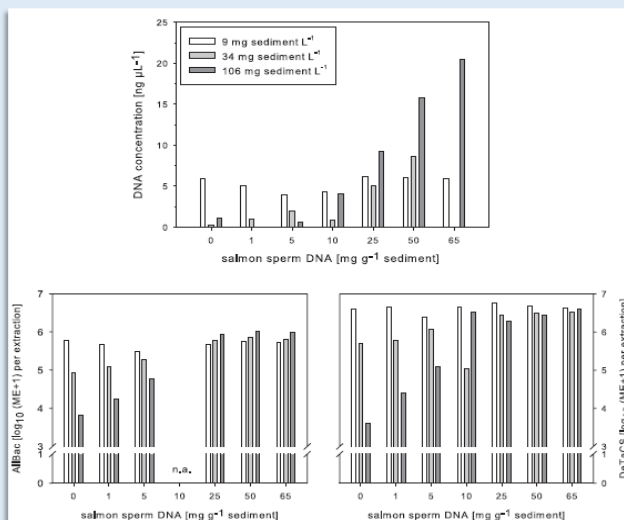


Observations:

- addition of Na-Pyrophosphate** led to an **increase in both DNA conc.** as well as **AIBac equivalents**
- downside** – higher amounts of **Na-Pyrophosphate** as needed to compensate for adsorptive effects of TSS led to **inhibitory effects in the qPCR reaction**

Modification of the DNA Extraction Protocol to potentially improve DNA extraction efficiency

II) Supplementing the DNA extraction buffer with salmon sperm DNA

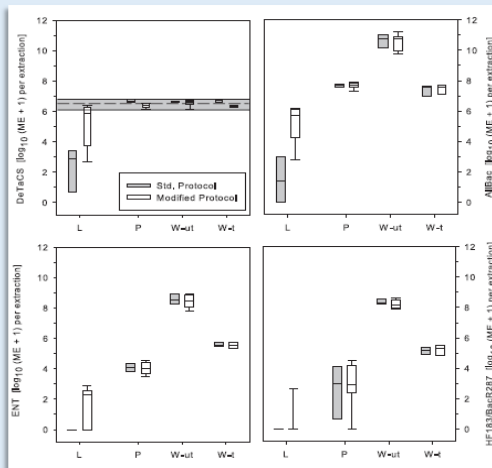


Observations:

- addition of salmon sperm DNA** also **increased both DNA conc.** and **AIBac equivalents**
- retrieval of the sample process control DeTaCS** could be **raised to or close to control levels by addition of salmon sperm DNA** during extraction

III) Impact of the Modified DNA Extraction Protocol on Molecular Fecal Pollution and MST Marker Results

- the standard and the modified DNA extraction protocols were tested in comparison on environmental samples from the study area



Observations:

- addition of salmon sperm DNA** had no effect on samples with low TSS and higher organic matter
- significant effect observed in samples with higher TSS levels (Lake Neusiedl); increase of DeTaCS equivalents by 4 orders of magnitude
- the **genetic fecal marker (ENT)** and the **human associated MST marker** in samples from Lake Neusiedl were **detected only after addition of salmon sperm DNA**

Conclusions

- results clearly indicate that **matrix effects**, as known from soil samples, **should also be considered in the processing of water samples**
- it seems that it is more the **inorganic fraction of suspended solids** which influences DNA extraction efficiency
- whether **effects on DNA extraction** are to be expected will not only **depend on the amount of suspended material but also on its composition**
- amount of additives required** to improve DNA extraction efficiency **will vary with amount and composition of suspended solids**. Therefore, **no universal DNA extraction protocol or general rule of how to improve extraction efficiency can be given**
- main conclusion** from this study is the **immense importance of the use of controls**, **irrespective if further measures are taken in attempt to optimize an extraction protocol**

Thank you for your attention!



© CanStockPhoto.com

This work was supported by:

the **Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management/Province of Burgenland** (grant number B401184) and The **Gesellschaft für Forschungsförderung Niederösterreich (GFF)** (grant number LSC 19-016).

Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Standortspezifische Faktoren des SARS-CoV-2 Abwassermonitorings

Dr. Christian Wurzbacher und Dr. Johannes Ho und Koautoren

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
Am Coloumbwall 3
85748 Garching

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

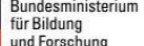
Nr. 224



Standortspezifische Faktoren des SARS-CoV-2 Abwassermonitorings

Christian Wurzbacher, Johannes Ho, Claudia Stange, Johannes Ho, Sonia Kau, Anna Uchaikina, Alexander Mitranescu, Kateryna Nosenko, Marion Woermann, Oliver Thronicker, Andreas Tiehm, Jörg E. Drewes



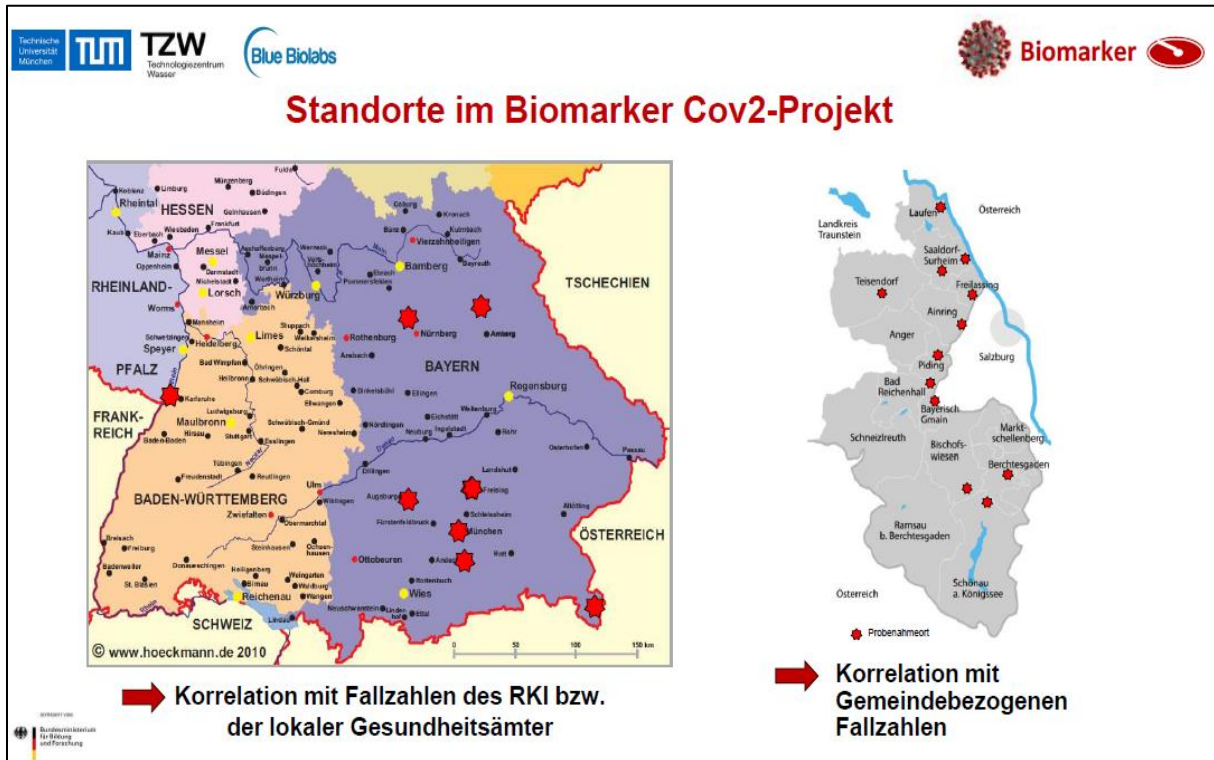


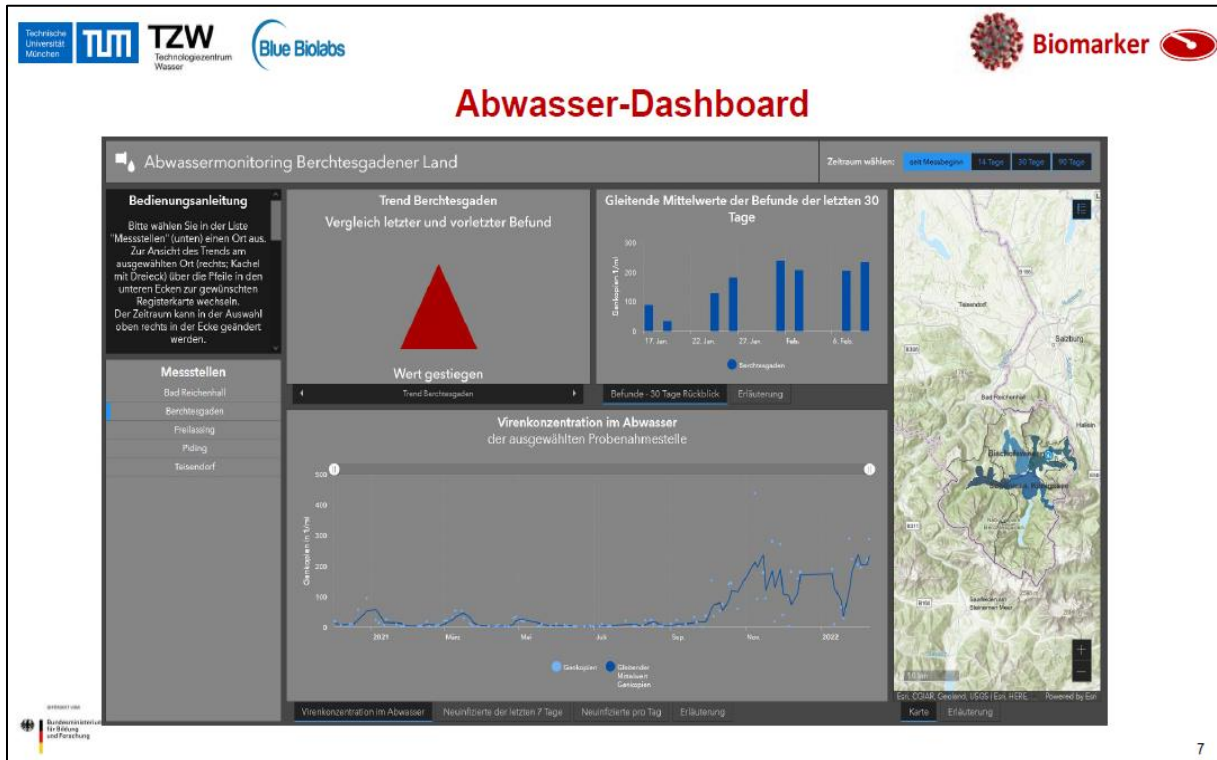
32. Wassertechnisches Seminar (WTS) am 23. Februar 2022

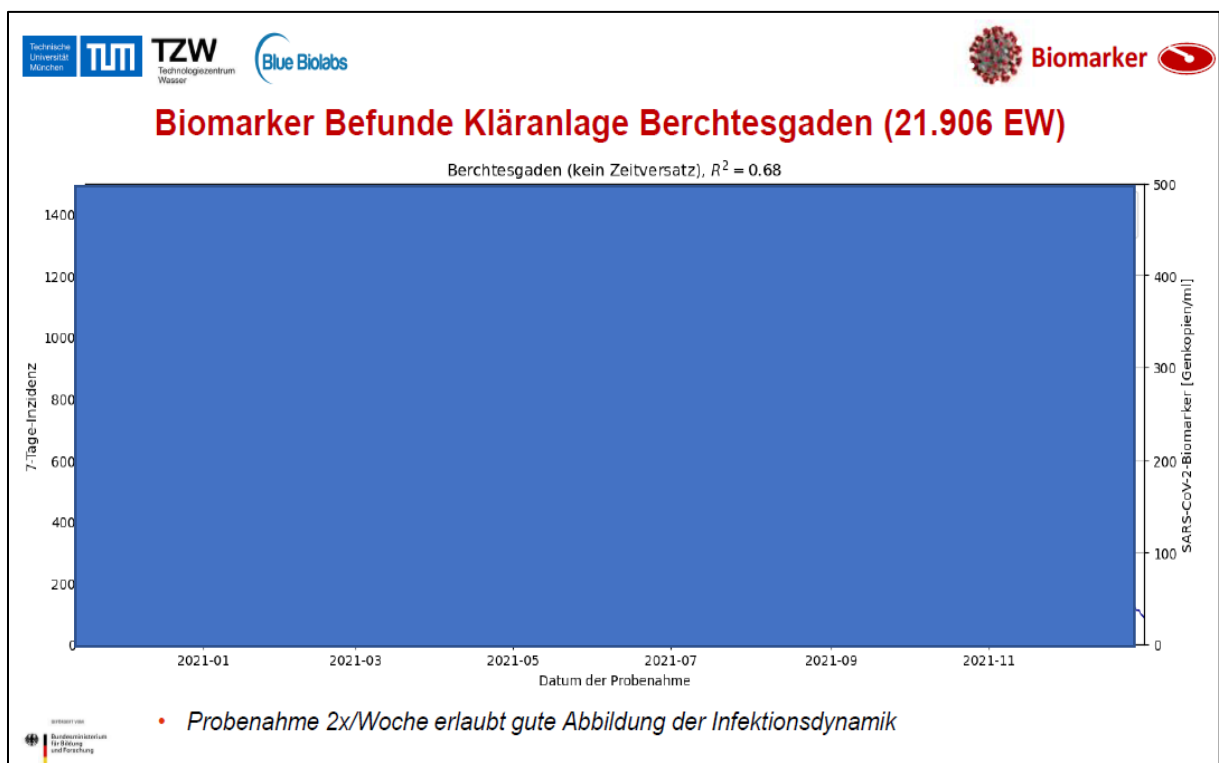
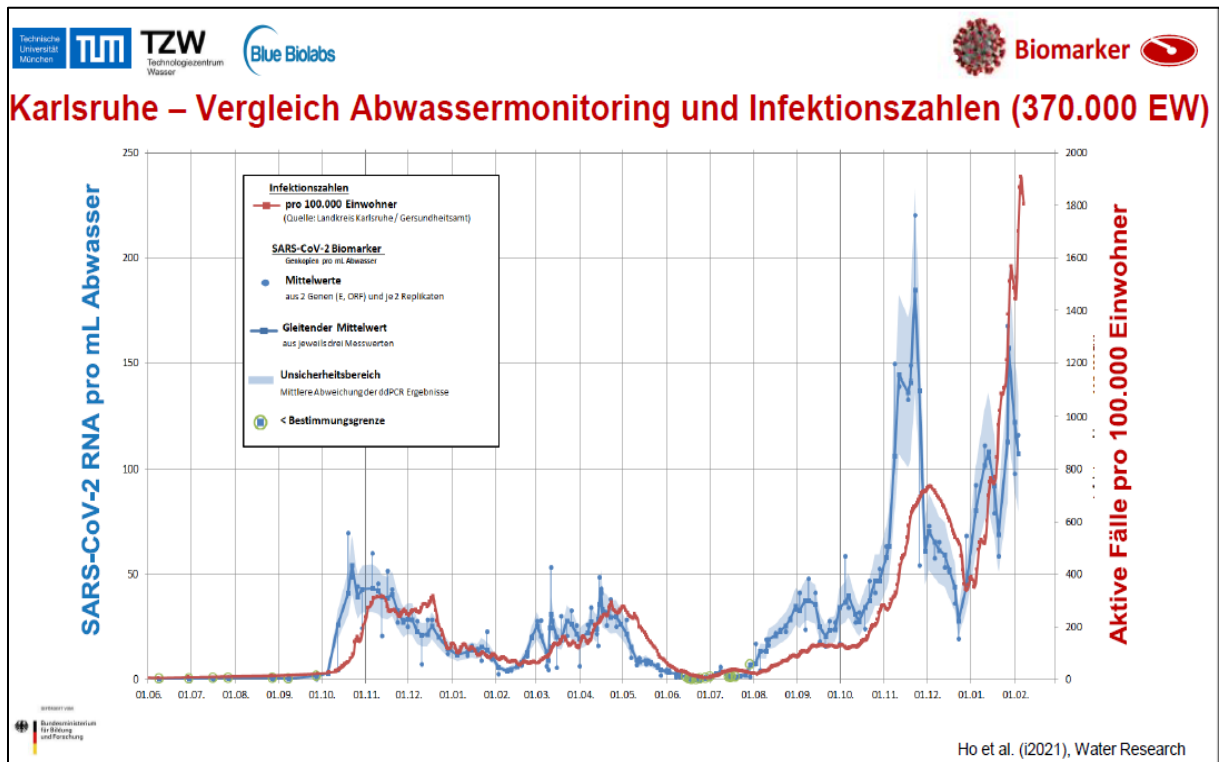


Teil 1: Übersicht über derzeit überwachte Standorte und der Einfluss von wichtigen Standort- und Messparametern





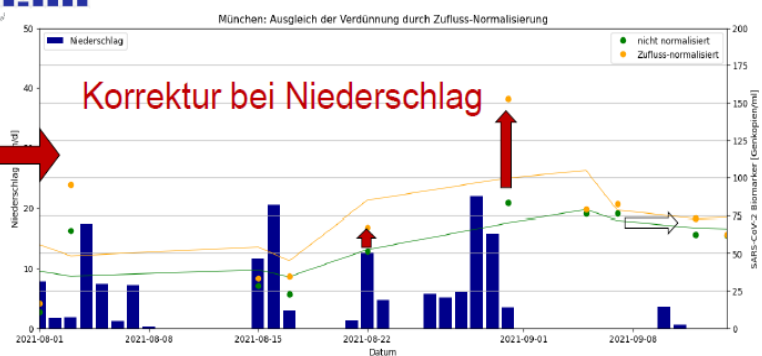




Abwasserzusammensetzung ist dynamisch

- [illegible]

Year	Publications (in thousands)
2017	0.00000
2018	0.00100
2019	0.00200
2020	0.00300
2021	0.00400
2022	0.00500







Was ist für ein Abwassermonitoring zu beachten?

Abwasserzusammensetzung ist dynamisch

- **Struktur und Größe des Netzes** beeinflusst die lokale Variation der Biomarker
- **Reguläre Niederschlagsereignisse** können über den **Durchfluss** korrigiert werden
- Bei kürzeren Probenahmeintervallen empfiehlt sich eine interne **Normalisierung** mit stabilen Biomarkern (z.B. Surrogatviren)



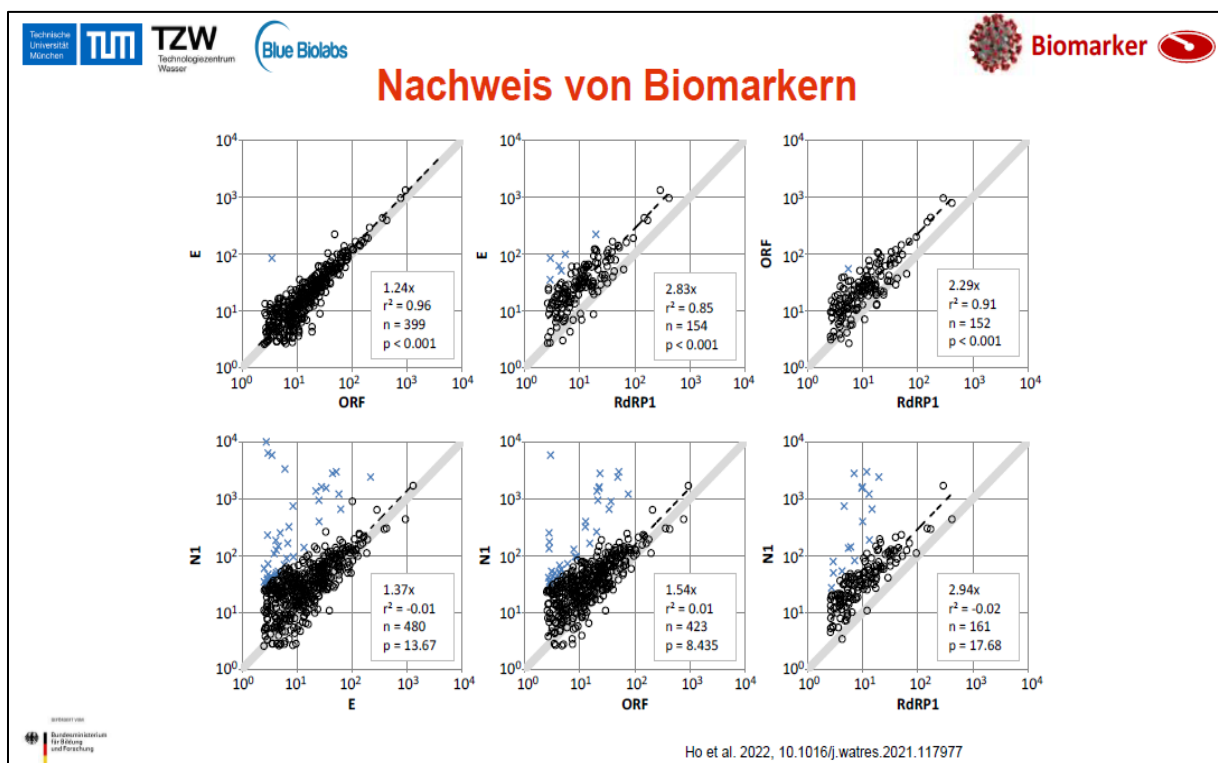
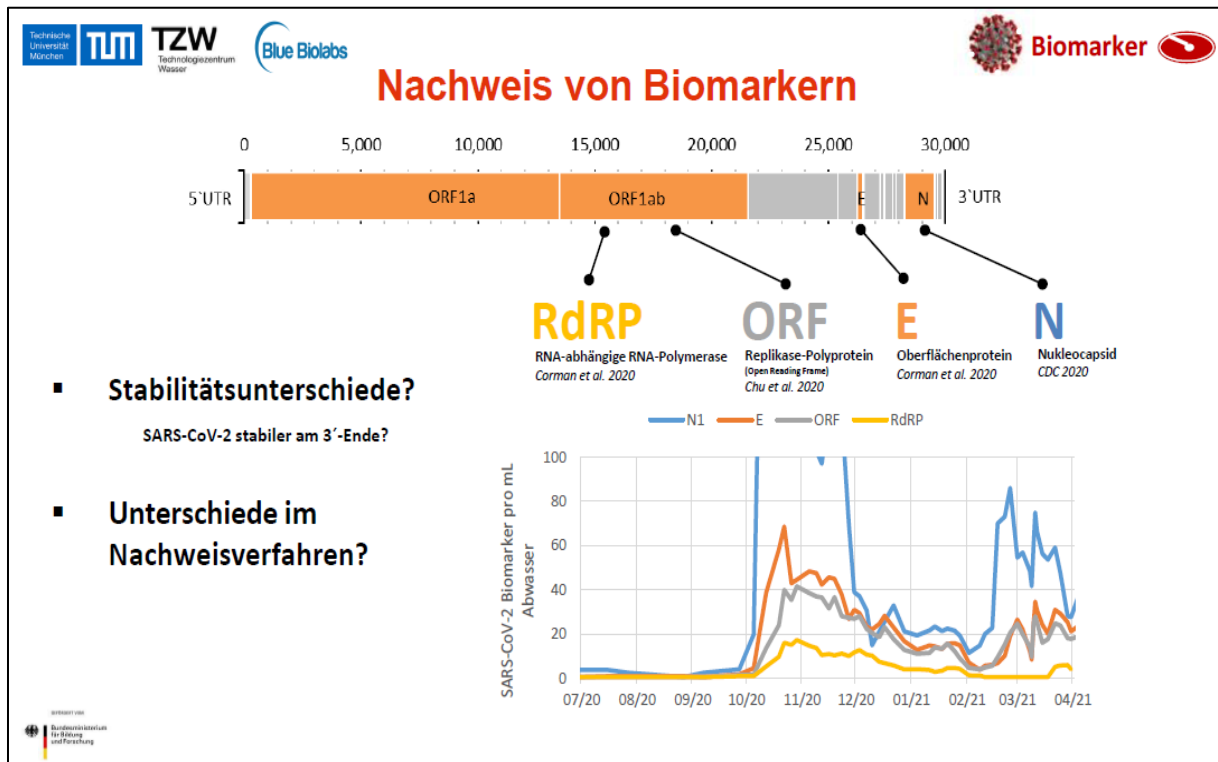




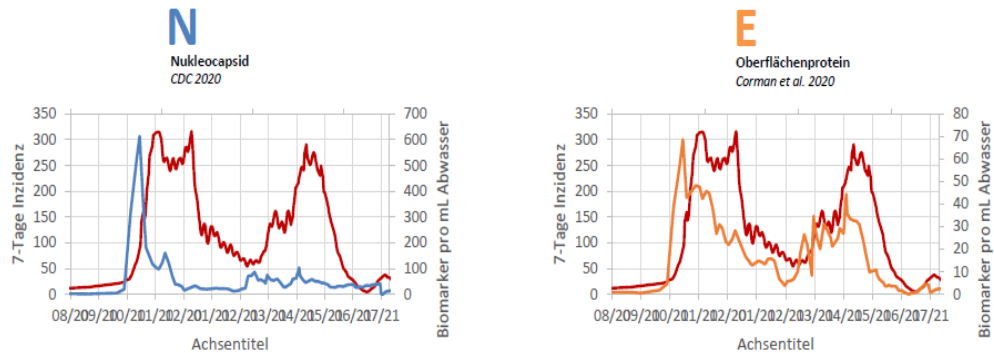
Teil 2: Variabilität der Ergebnisse und die flexible Ausweitung der Biomarker Messungen am Beispiel der Varianten



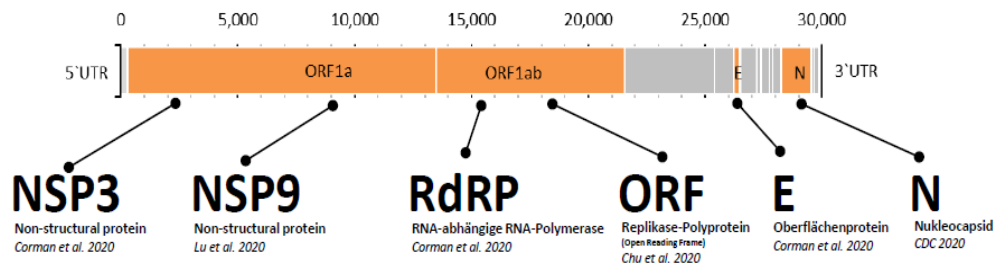
18



Nachweis von Biomarkern



Nachweis von Biomarkern

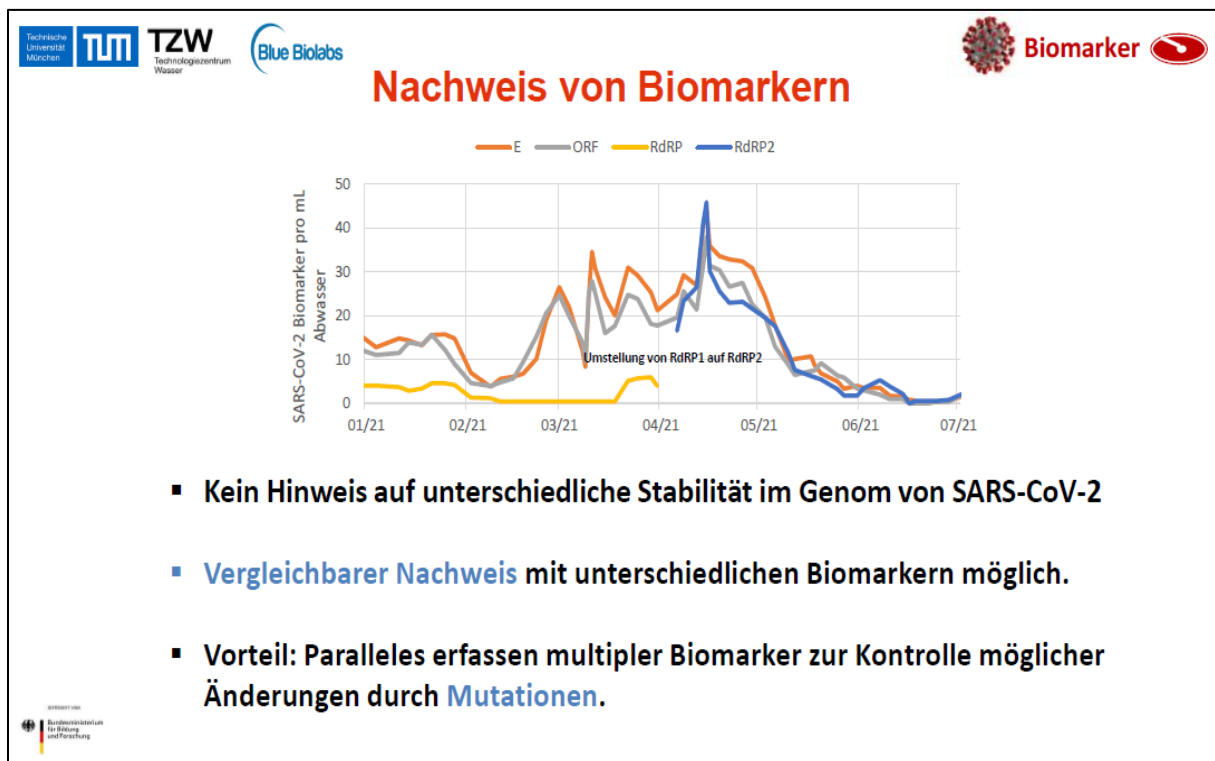
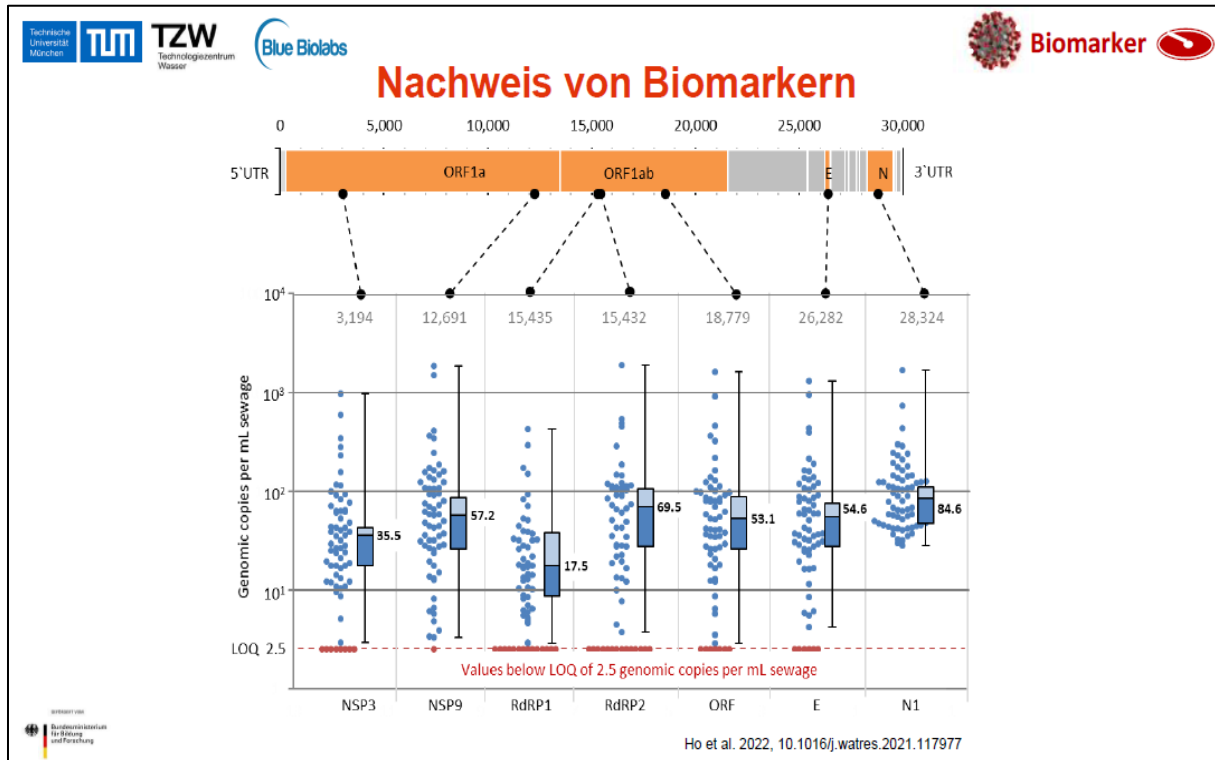


RdRP2

RNA-abhängige RNA-Polymerase
Muenchhoff et al. 2020

- **Stabilitätsunterschiede?**
SARS-CoV-2 stabiler am 3'-Ende?
- **Unterschiede im Nachweisverfahren?**

**Gleicher Gen-Abschnitt,
aber anderer Assay.**



 **Deutsche Forschungsgemeinschaft
für Bildung
und Forschung**

DFG
Deutsche Forschungsgemeinschaft
Förderung der Wissenschaften



Wie können Varianten nachgewiesen werden?

Sequenzierung

- Verteilung aller Mutationen in einer Probe
- Erfasst auch bisher unbekannte Mutationen
- Erfordert bioinformatische Pipeline zur Identifizierung von Varianten
- Teuer
- 7-14 Tage bis zum Ergebnis

PCR

- Spezifische Detektion bekannter Mutationen
- Nachweis einzelner Varianten oder gruppen von Varianten
- Günstig
- 1-2 Tage bis zum Ergebnis



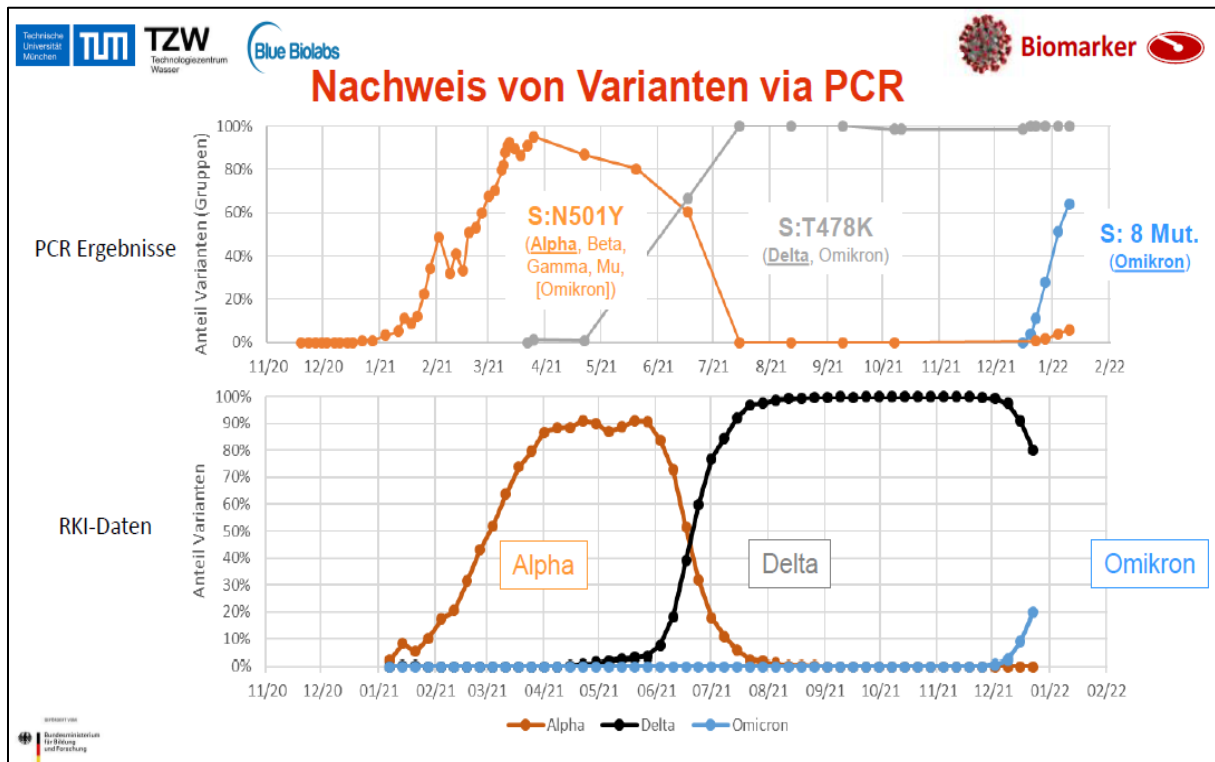


Nachweis von Varianten via PCR

Aminosäuren-Position in Spike-Protein

	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505																									
Wild typ	C	A	A	T	C	A	T	A	T	G	G	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	A	A	T	G	G	T	G	T	G	G	T	T	A	C	
Omikron	C	G	A	T	C	A	T	A	T	A	G	T	T	T	C	C	G	A	C	C	C	A	C	T	T	A	T	G	G	T	G	T	G	G	T	C	A	C
	S:Q493R								S:Q498R								S:N501Y								S:Y505H													
Spezifische Sonde für Omikron															G A C C C A C T T A T G G T G T T G G T C																							





Technische Universität München

TUM

TZW
Technologiezentrum
Wasser

Blue Biolabs

Biomarker

Nachweis von Varianten via PCR

	494	495	496	497	498	499	500	501													
Primer für 501Y	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	T
Wild typ	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	A
Alpha	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	T
Beta	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	T
Gamma	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	T
Delta	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	A
Mu	C	A	T	A	T	G	G	T	T	T	C	C	A	A	C	C	C	A	C	T	T
Omikron	C	A	T	A	T	A	G	T	T	T	C	C	G	A	C	C	C	A	C	T	T

Nachweis

- **Schneller, spezifischer Nachweis von Mutationen mittels PCR möglich.**
- **Nachweismethode muss bei neuen Mutationen bzw. Varianten überprüft werden.**

S:N501Y Mutation

35



Fazit



Biomarker als Monitoring Tool

- Lokale Parameter und die Art der Probenahme beeinflussen die quantitative Analyse von Biomarkern
- Korrekturen mit Wasserparametern oder internen Surrogaten sind möglich
- Der Nachweis von Biomarkern ist robust, v.a. als Kombination von Markern
- Flexible Ausweitung auf Virus-Varianten oder andere Biomarker ist möglich



Prof. Dr. G. Medema (KWR): "The pandemic has boosted the use of wastewater as a mirror of society".
2021. Novo C. Interview



Illustration: Ori Toor, NY Times



Drug use in Europe based on wastewater estimates.
https://www.emedda.europa.eu/publications/html/poets/waste-water-analysis_en

36



Danksagung





Münchner Stadtentwässerung
Stadtentwässerung Augsburg
Stadtentwässerung Karlsruhe
Berchtesgadener Land
Sanitätsdienst der Bundeswehr



PTKA
Projektträger Karlsruhe
im Karlsruher Institut für Technologie

GEFÖRDET VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

BMBF-Förderkennzeichen O2WRS1557



Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Anwendung hydodynamischer Kanalnetzmodelle als Werkzeug für die Erkennung und Lokalisierung unzulässiger Abwassereinleitungen

Prof. Steffen Krause und Koautoren
Institut für Wasserwesen
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224



Universität der Bundeswehr München
Institut für Wasserwesen

der Bundeswehr
Universität München

Anwendung hydrodynamischer Kanalnetzmodelle als Werkzeug für die Erkennung und Lokalisierung unzulässiger Abwassereinleitungen

Steffen Krause, Christoph Wöllgens, Omar Shehata, Christian Schaum (UniBw München)

Harald Pötter, Carsten Brockmann,



Fernando Solano,

Varsaw University
of Technology

Andreas Hofmann

tandler.com

32. Wassertechnisches Seminar der TUM
München, 23.02.2022



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 653626 and No 787128.



Inhalt

- ▶ Warum sollen Einleitungen ins Kanalnetz detektiert und lokalisiert werden?
- ▶ Das Konzept „microMole“
- ▶ Standardanwendungen hydrodynamischer Kanalnetzmodelle und erforderliche Anpassungen
- ▶ Realisiertes Lokalisierungskonzept
- ▶ Ausblick



© Fraunhofer IZM

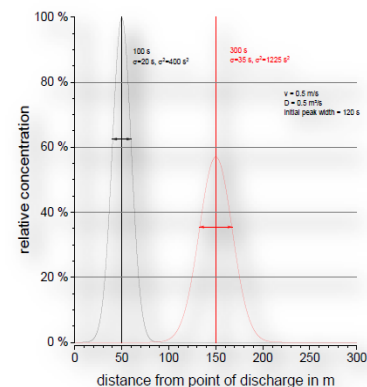
Veranlassung

- ▶ **Erkennung illegaler Aktivitäten, anhand der in die Kanalisation eingeleiteten Abfälle**
- ▶ **Anforderungen an die Erfassung im Kanalnetz**
 - möglichst unbemerkt
 - möglichst über längere Dauer
 - keine Gefährdung der Betriebssicherheit und Arbeitssicherheit
- ▶ **Anwendungsszenarien**
 - Bestätigung eines Verdachtsfalles (sehr nahe an vermuteter Einleitstelle)
 - Überwachung eines Gebietes und Lokalisierung der Einleitstelle



Abgeleitete Aufgaben für hydrodynamische Modelle

- ▶ **Vorhersage der Ausbreitung von Stoffen im Kanalnetz**
 - Fließwege
 - Fließgeschwindigkeiten
 - Modellierung der Konzentration unter Berücksichtigung von Dispersion, Verdünnung und chemischen Reaktionen
- ▶ **Ermittlung optimaler Sensor- und Probenahmestandorte**
 - Wie schnell muss ich messen?
 - Wie empfindlich muss ich messen?
- ▶ **Optimaler Abstand zwischen Sensoren (Indikatoren) und Probenahmeeinrichtung**
 - Wie schnell strömt das Abwasser?
 - Wie breit ist der Peak, den ich erfassen muss?
- ▶ **Lokalisierung möglicher Einleitungsstellen**



Das Konzept „microMole“

Sensor-Ringe

Erfasste Messgrößen

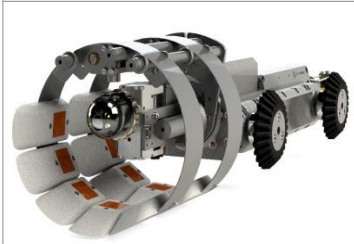
- pH, Leitfähigkeit
- Füllstand, Temperatur (in FuE)

Betriebszeit im Kanal

- Bis zu 10 Tage (aufgabenabhängig)

Autarker Betrieb

- Batteriebetrieb
- Drahtloser Datenaustausch (169 MHz)



© Fraunhofer IZM

Gateway

Daten

- Datenvorverarbeitung
- Datenspeicherung

Autarker Betrieb

- Batteriebetrieb
- Drahtlose Datenübertragung via GSM

Betriebszeit im Kanal

- Bis zu 10 Tage (aufgabenabhängig)



© Fraunhofer IZM/ Politechnika Warszawska/ BlueTEC

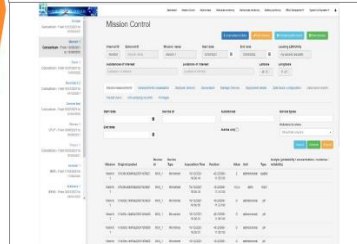
Monitoring Center

Zugang

- Web-basiertes Datenzentrum
- Echtzeitdarstellung der Daten

Daten

- Datenverarbeitung
- Datenfusion
- Alarmfunktionalität



© Resi S.p.A.

Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik | Steffen Krause et al. | 23.02.2022

5

Das Konzept „microMole“

Optimiert für Betrieb im Kanal

Fixierung

- ▶ Ringstruktur für Einbau im Kanal
 - ▶ zerstörungsfreier Einbau mittels Spannmechanismus
 - ▶ Kanal-Ø 210 bis 410 mm
 - ▶ optional Einbau durch Roboter
- ▶ Halbringe für Schachtbetrieb
 - ▶ Kanal-Ø bis zu 1290 mm
 - ▶ Ringhalterungen auf Berme

Gehäuse

- ▶ Fluidisch optimiertes Gehäuse
- ▶ chemische Beständigkeit gegen Säuren und Basen (pH1 bis pH14)
- ▶ Druckbeständigkeit bis 5 bar



Modularer Aufbau

Baukasten

- ▶ Module für Datenverarbeitung, Kommunikation, Energieversorgung und Sensorik
- ▶ Elektrischer Bus für Kommunikation und Energieversorgung zwischen den Modulen

Anzahl der Module frei wählbar zur optimalen Anpassung an die Messaufgabe

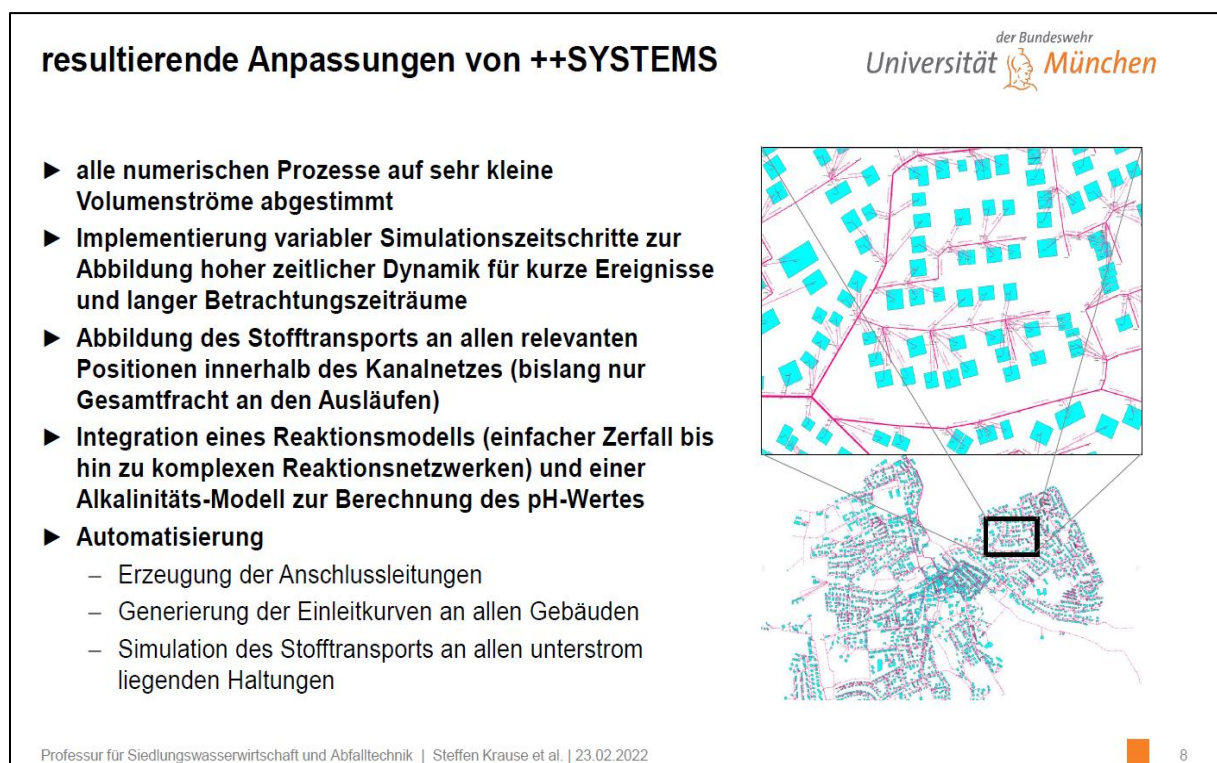
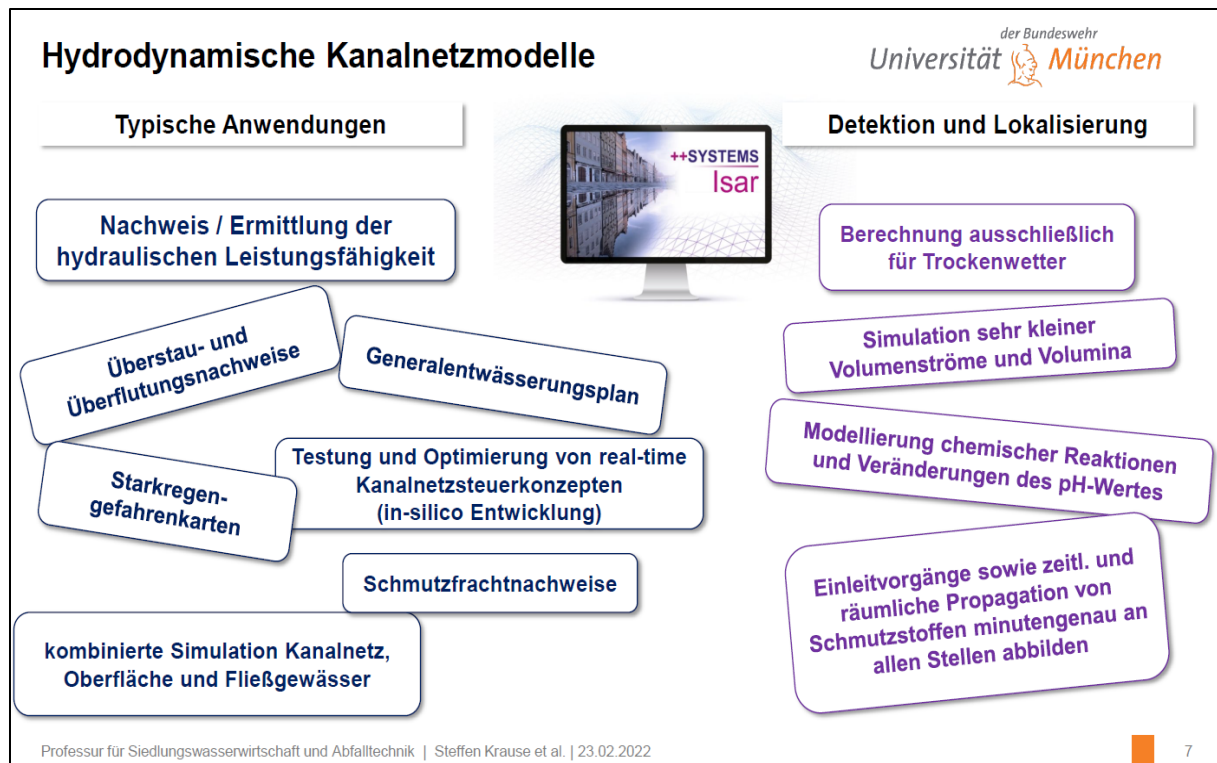
- ▶ Betriebsdauer durch Anzahl Energiemodule
- ▶ Messumfang durch Anzahl Sensormodule
- ▶ Neue Messgrößen wg. Baukastenansatz leicht hinzufügbare

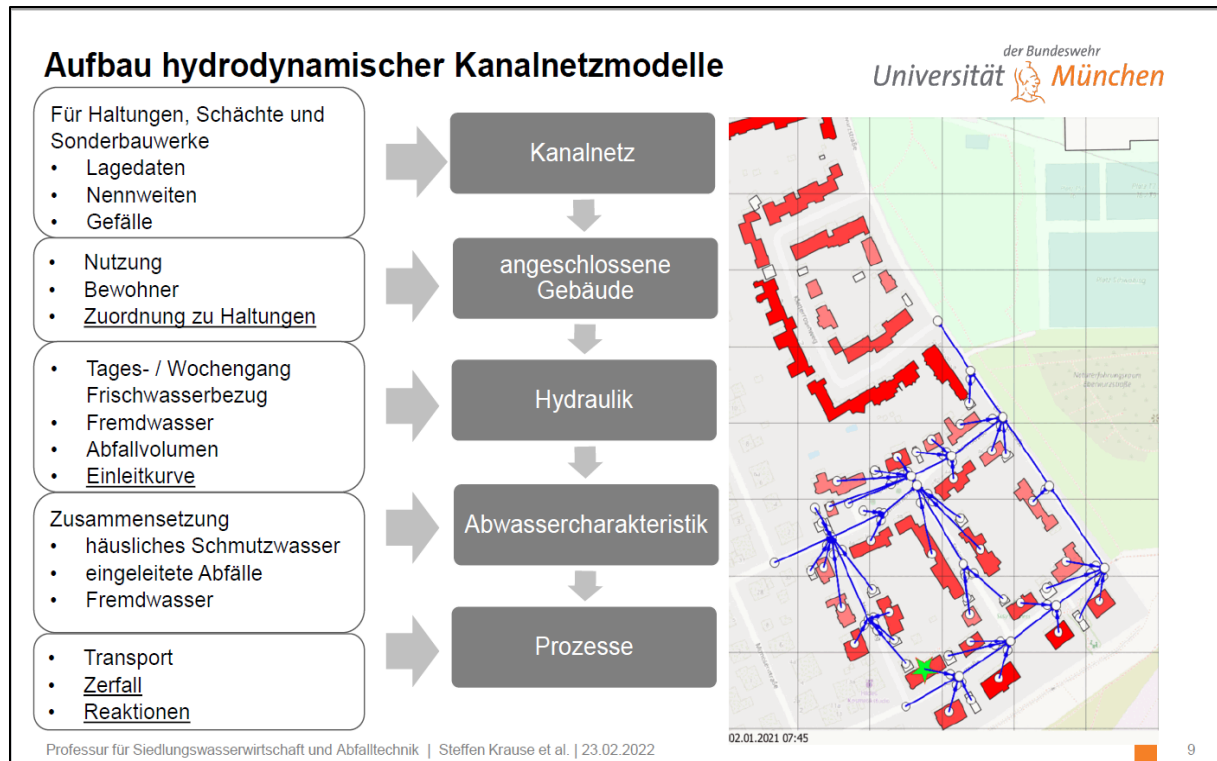
Trennung von elektrischer und mechanischer Funktion

- ▶ Elektrischer Bus lösbar mit Ring verbunden
- ▶ Module sind für bessere Wartung und Austauschbarkeit mittels Stecker montiert

Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik | Steffen Krause et al. | 23.02.2022

6





Abgebildete Prozesse

der Bundeswehr
Universität München

- Einleitungen (20, 100, 500 L)
- Übergang von GEA in öffentlichen Kanal

$$c(x, t) = \frac{M}{2A\sqrt{\pi D_L t}} \exp\left(-\frac{(x-ut)^2}{4 D_L t}\right)$$

- Leitfähigkeit als idealer Tracer – Übertragbarkeit auf andere Sensoren und Substanzen über Verdünnungsfaktor

$$c_{i,abw}(x,t) = c_{i,abfall} \cdot \frac{\kappa_{abw}(x,t)}{\kappa_{abfall}}$$

	pH	κ [mS/cm]
W ₁	0-1	140
W ₂	10-11	36-60
W ₃	12-14	35-120
W ₄	3-6	1-12

Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik | Steffen Krause et al. | 23.02.2022

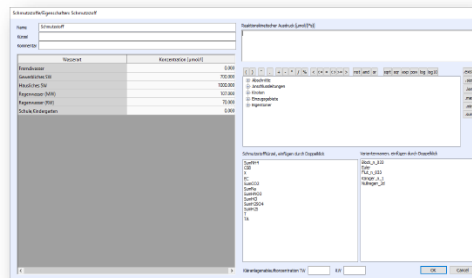
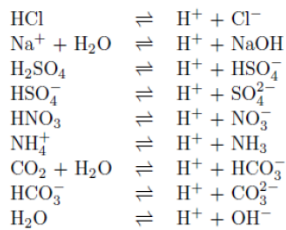
10

Reaktionsmodell

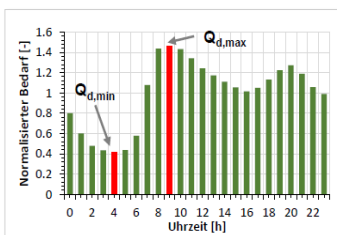
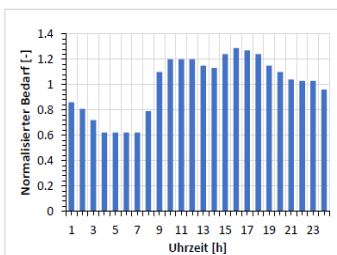
► Ergänzung der vorhandenen Schmutzfrachtberechnung um neue „Schmutzstoffe“, die eingeleitet werden können

- elektrische Leitfähigkeit (idealer Tracer)
- pH-Werte (aus Alkalinitätsmodell)
- beliebige Substanzen inkl. zeitabhängiger Terme für Zerfall, Sorption

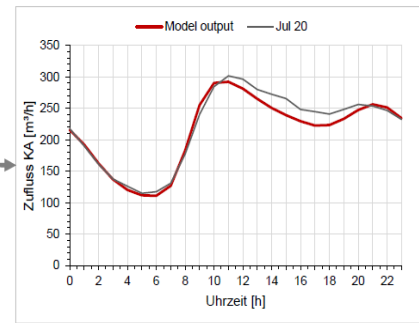
$$TA = [Cl^-] + [NaOH] + [HSO_4^-] + 2 \cdot [SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [NH_3] + [HCO_3^-] + 2 \cdot [CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+]$$



Verifikation des Modells



Frischwasser: 135 l/(E · d)
gewerbl. Abwasser: 2,16 m³/(ha · d)
Fremdwasser 15%



Simulationsergebnisse

- Hydraulische Berechnung liefert fließtechnische Bewertung der Erreichbarkeit (Adjazenz-Matrix)
- Schmutzfrachtberechnung gekoppelt mit Reaktionsmodell liefert Konzentrationsverteilungen



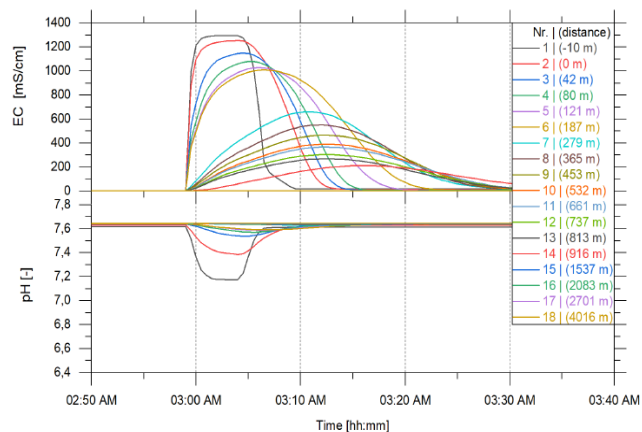
Schächte

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	...
G_1	1	0	1	1	0	0	
G_2	0	0	1	0	1	1	
G_3	0	1	0	0	0	1	
G_4	0	0	1	1	1	0	
G_5	0	1	1	0	0	0	
G_6	0	0	0	0	0	1	
...							

Gebäude(-gruppen)

Simulationsergebnisse

- Hydraulische Berechnung liefert fließtechnische Bewertung der Erreichbarkeit (Adjazenz-Matrix)
- Schmutzfrachtberechnung gekoppelt mit Reaktionsmodell liefert Konzentrationsverteilungen



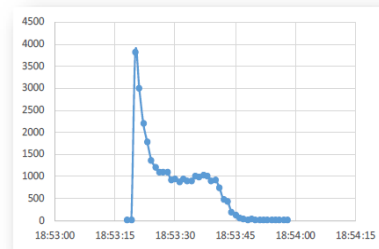
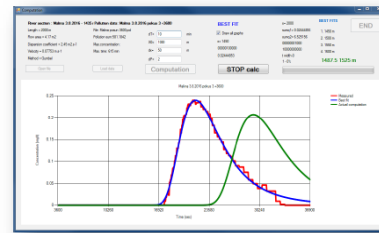
Verwendung der Modellierungsergebnisse

► Auswertung der Peakform

- Mustervergleich zwischen Simulation und Messung

► Störungen

- Abweichungen von den Annahmen der Simulation
- Ablagerungen in den Haltungen führen zu stark verzerrter Peakform und zu niedrigeren Signalen
- teilweise Kappung des Signals durch Sensoren



Veliskova und Sokac, 2021

Simulationsergebnisse

Schächte

- Hydraulische Berechnung liefert fließtechnische Bewertung der Erreichbarkeit (Adjazenz-Matrix)
- Schmutzfrachtberechnung gekoppelt mit Reaktionsmodell liefert Konzentrationsverteilungen

$$c_{i,abw(x,t)} = c_{i,abfall} \cdot \frac{\kappa_{abw(x,t)}}{\kappa_{abfall}}$$

Gebäude(-gruppen)

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
G ₁	10957	6241					1039
G ₂		11759					4583
G ₃			7302		1189	2365	1576
G ₄				7428		7841	8832
G ₅				6527	9274	9389	7140
G ₆						12847	9843
G ₇							10392

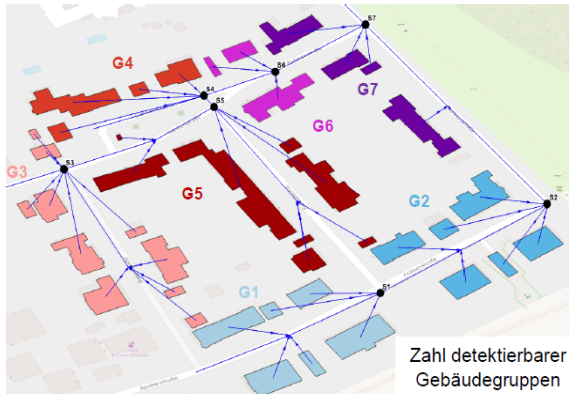
Maximum der simulierten elektr. Leitfähigkeit am Schacht S bei Einleitung eines Salz-Tracers in Gebäudegruppe G

Verwendung der Modellierungsergebnisse

der Bundeswehr
Universität  München

Schwellenwert: 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

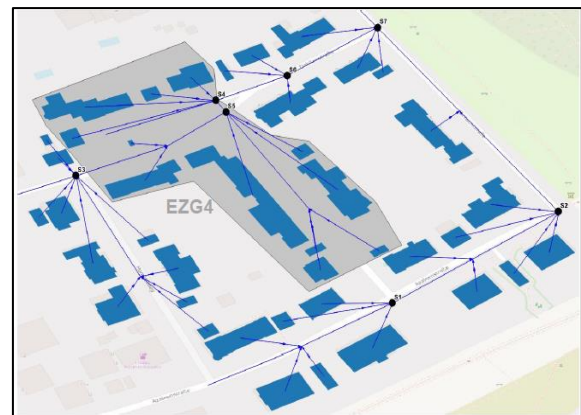
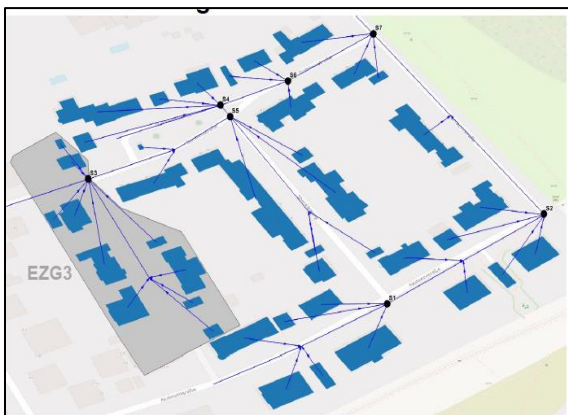
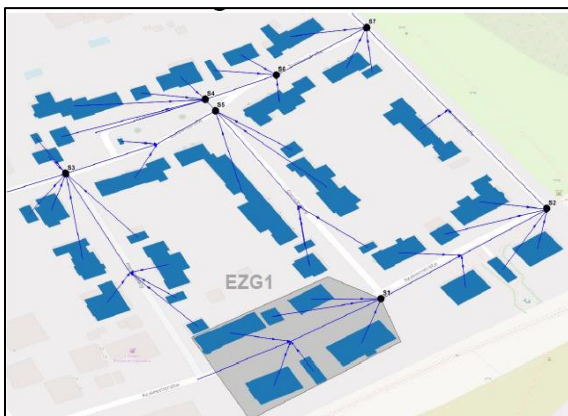
- Anwendung von Schwellenwerten zur Auswahl von geeigneten Sensorstandorten
- bei Bedarf logische Verknüpfung mit simuliertem pH-Wert und anderen Kriterien
- Lokalisierung

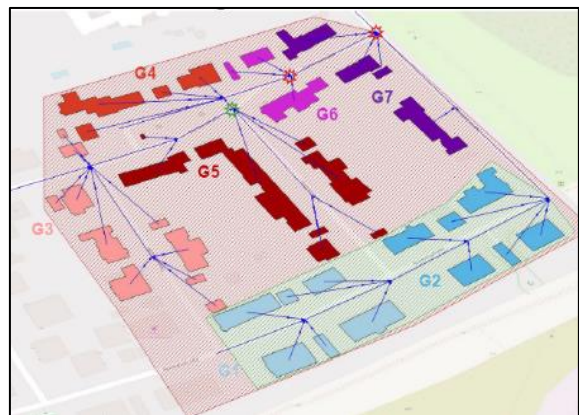
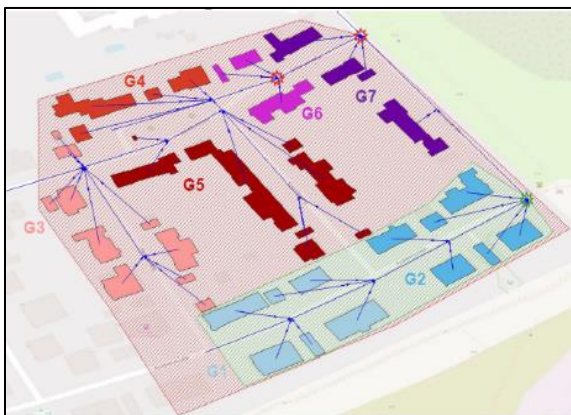
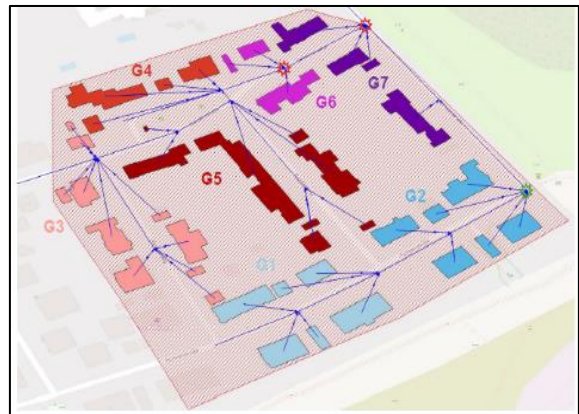
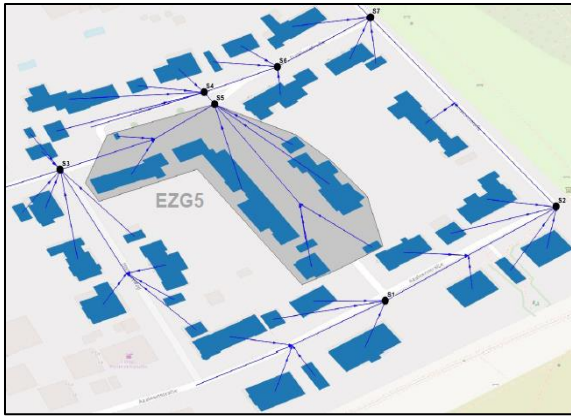


	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇
G ₁	10957	6241					1039
G ₂		11759					4583
G ₃			7302		1189	2365	1576
G ₄				7428		7841	8832
G ₅				6527	9274	9389	7140
G ₆						12847	9843
G ₇							10392
	1	2	1	2	2	3	4

Professur für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik | Steffen Krause et al. | 23.02.2022

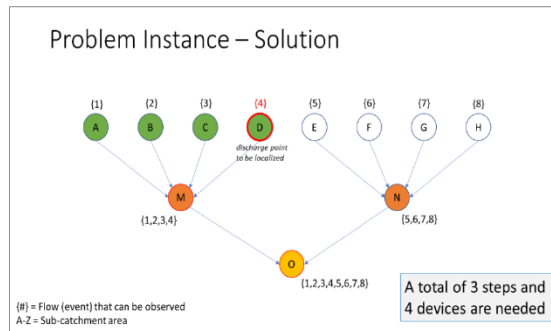
17



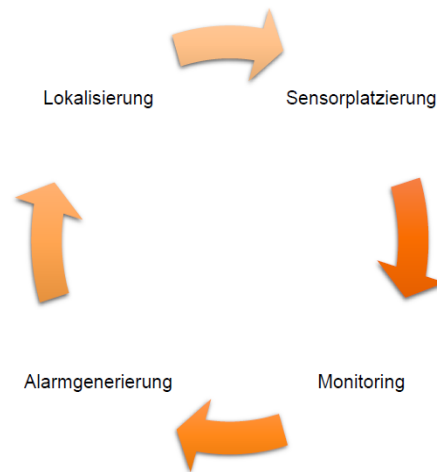


Verwendung der Modellierungsergebnisse

- Anwendung von Schwellenwerten zur Auswahl von geeigneten Sensorstandorten
- bei Bedarf logische Verknüpfung mit simuliertem pH-Wert und anderen Kriterien
- Lokalisierung
- Übergabe an Set-Cover Algorithmus



Solano, 2021



Ausblick

- Weiterentwicklung des MicroMole-Konzepts
- Erweiterung des Modellansatzes für Mischwasser-Szenarien
- Einbinden von verfügbaren Sensordaten zu Durchfluss, Füllstand etc.
- Anwendung der inversen Modellierung für Lokalisierung
- Anwendung der Methodik für andere Detektionsaufgaben



Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Microbial Source Tracking – Aufspüren von Quellen fäkaler Verunreinigungen in der aquatischen Umwelt

Dr. Claudia Stange

Wassermikrobiologie

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser

Karlsruher Straße 84

76139 Karlsruhe

Berichte aus der
Siedlungswasserwirtschaft
Technische Universität München
München 2011

Nr. 224

HINTERGRUND



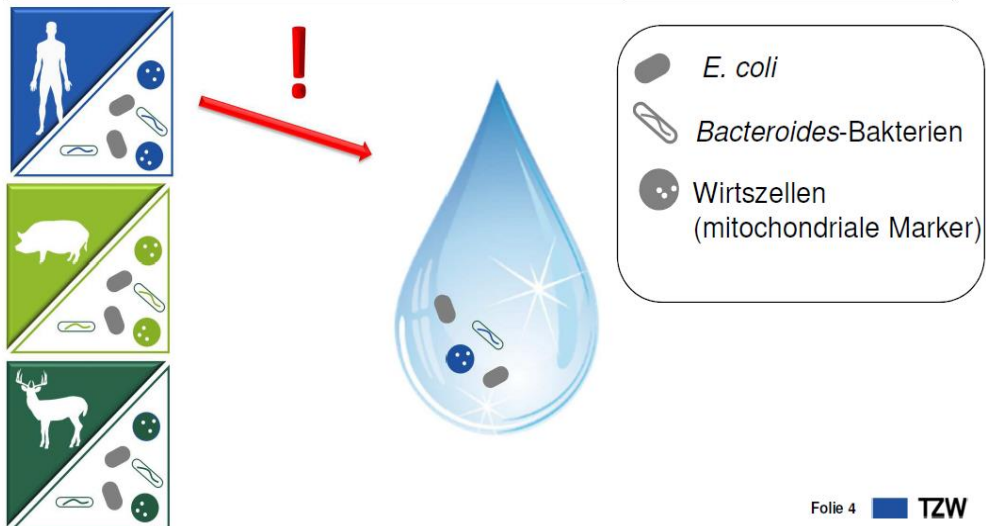
Fäkalindikatoren zeigen Kontamination an, aber nicht die Herkunft.

→ Herkunftsbestimmung ist aber für die Einleitung von Gegenmaßnahmen essentiell.

→ Lösung:
Etablierung von Microbial Source Tracking (MST)-Verfahren

Folie 2 TZW

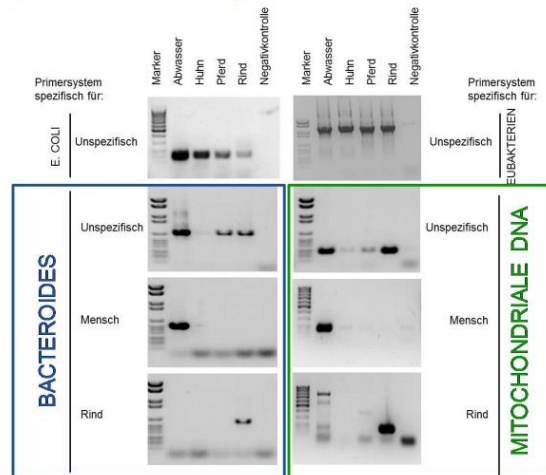
DATENBANK- UND KULTUR-UNABHÄNGIGE MST-VERFAHREN



Folie 4 TZW

DATENBANK- UND KULTUR-UNABHÄNGIGE MST-VERFAHREN

Exemplarische PCR-Ergebnisse von Abwasser- und Kotproben



Folie 5 **TZW**

DATENBANK- UND KULTUR-UNABHÄNGIGE MST-VERFAHREN

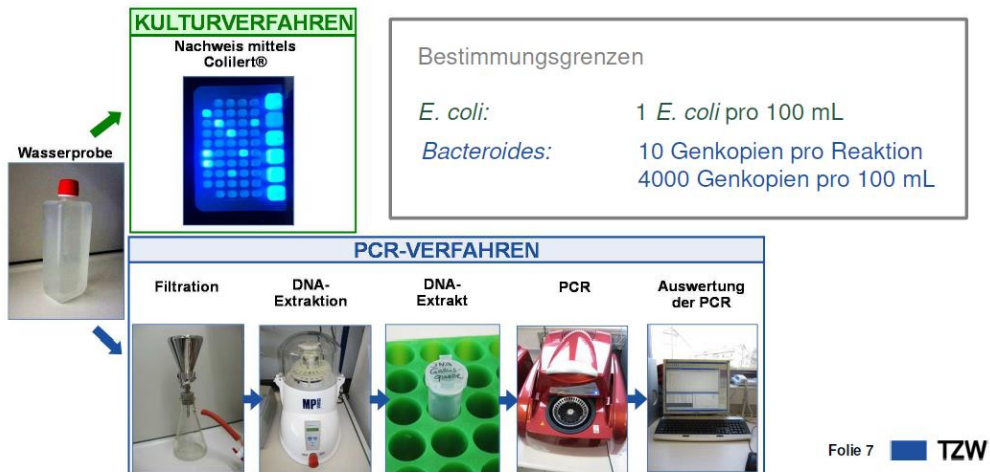
Etablierte MST-Assays

	Bacteroides-basierte Assays (Referenz für die Primersequenzen)	mtDNA-basierte Assays (Referenz für die Primersequenzen)
Wirtsunspezifisch	AllBac296f/ 412r (Layton et al., 2006)	Umito2-G/-D2 (Kortbaoui et al., 2009)
Mensch	HF183/BacHum-241r (Seurinck et al., 2005)	Human Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)
Wiederkäuer / Rind	BacR_f/_r (Reischer et al., 2006)	Cow Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)
Schwein	Pig2 Bac 41F/163 R (Mieszkin et al., 2009)	-
Hund	DF475 F/Bac708R (Bernhard and Field, 2000a; Dick et al., 2005b)	Dog Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)
Pferd	-	Horse Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)
Huhn	-	Chicken Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)
Schaf	-	Sheep Cyt b forward/reverse (Schill and Mathes, 2008)

Folie 6 **TZW**

DATENBANK- UND KULTUR-UNABHÄNGIGE MST-VERFAHREN

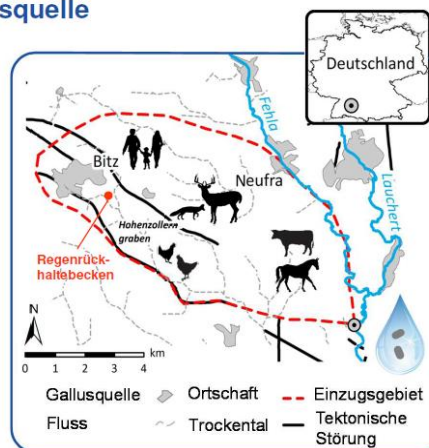
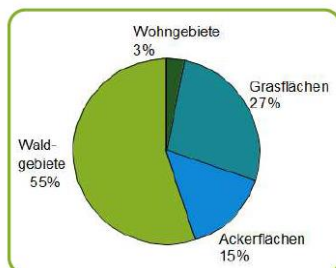
Vorgehen bei der Untersuchung von Wasserproben



UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN

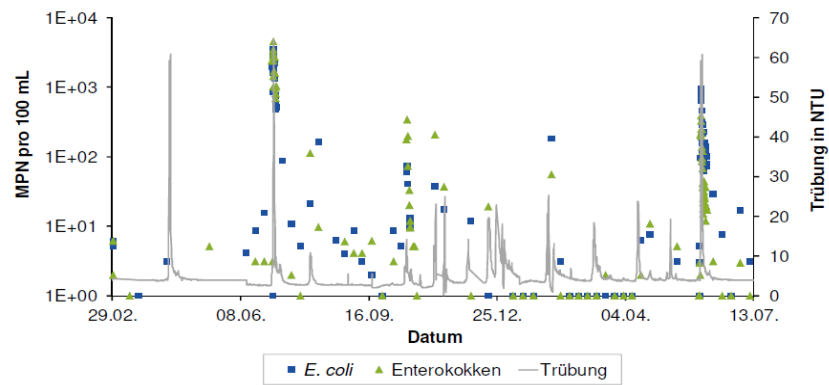
Gallusquelle

- Größe des Einzugsgebietes: 45 km²
- Schüttung: 0,5 m³/s (Jahresmittel)
- Direkte Nutzung zur Trinkwassergewinnung



UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN - GALLUSQUELLE

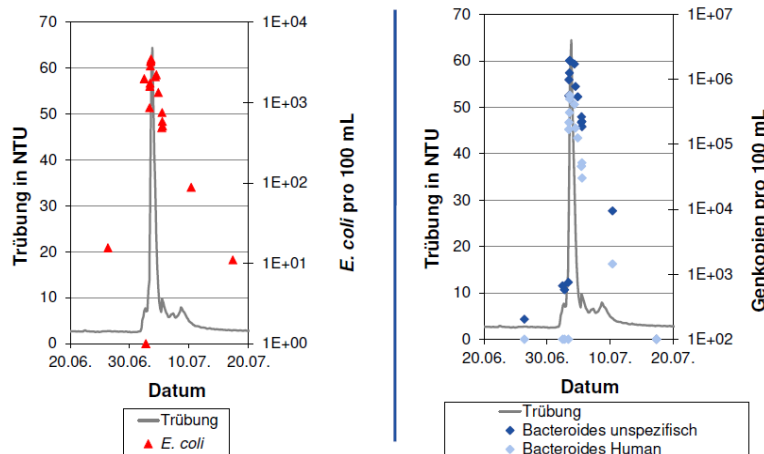
Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse



Folie 9 TZW

UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN - GALLUSQUELLE

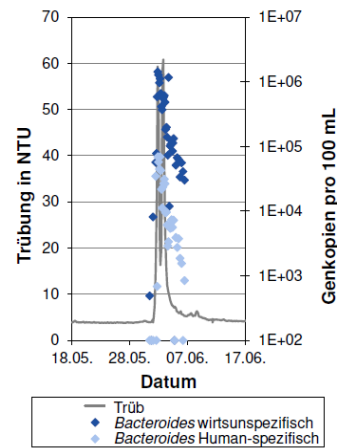
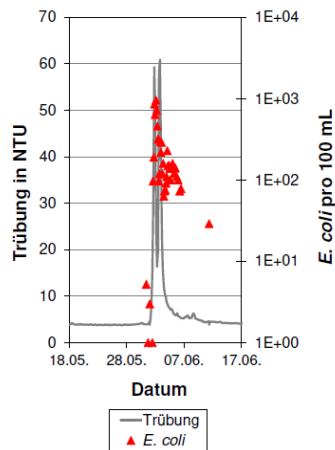
Starkregen



Folie 11 TZW

UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN - GALLUSQUELLE

Hochwasser



TZW

UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN - GALLUSQUELLE

Untersuchungsergebnisse

- Eintrag von **humanem Abwasser** nach **Starkregenereignissen** angezeigt durch:
 - Nachweis spezifischer *Bacteroides*-Sequenzen
 - Nachweis spezifischer mtDNA-Sequenzen (deutlich geringere Konzentration)
 - Nachweis von Polyomaviren
 - Vergleich der Bakteriengemeinschaft mittels denaturierender Gradienten-Gelelektrophorese
 - [Nachweis von Cyclamat (Zirlewagen et al., 2016)]
- **Vereinzelter Nachweis** von fäkalen Einträgen durch **Hühner** im Frühjahr
→ passt zur gängigen Düngung mit Hühnermist vor Ort
- **Ursache für Fäkaleinträge ins Quellwasser:**
Humane Einträge > Geflügelhof > Pferde/Rinder
- **Maßnahme:** Erweiterung des Regenüberlaufbeckens !

Stange C., Tiehm A. Occurrence of antibiotic resistance genes and microbial source tracking markers in the water of a karst spring in Germany. Science of the Total Environment 742: 140529, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140529.

Folie 14 TZW

UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN

Einzugsgebiet des Wasserwerk Kaulsdorf (Berliner Wasserbetriebe)

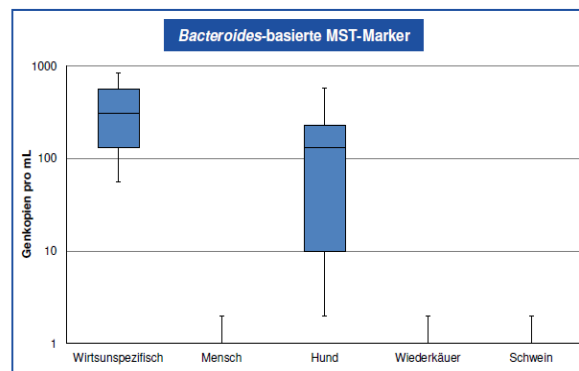


- Städtisch geprägt
- Denkbare Eintragsquellen:
 - Hunde
 - Badebetrieb
 - Rot- und Schwarzwild
- Proben aus 2 Brunnengalerien (Grundwasser + Uferfiltrat) und Schöpfproben aus Oberflächenwasser

Folie 15 TZW

UNTERSUCHUNG VON MODELLGEBIETEN

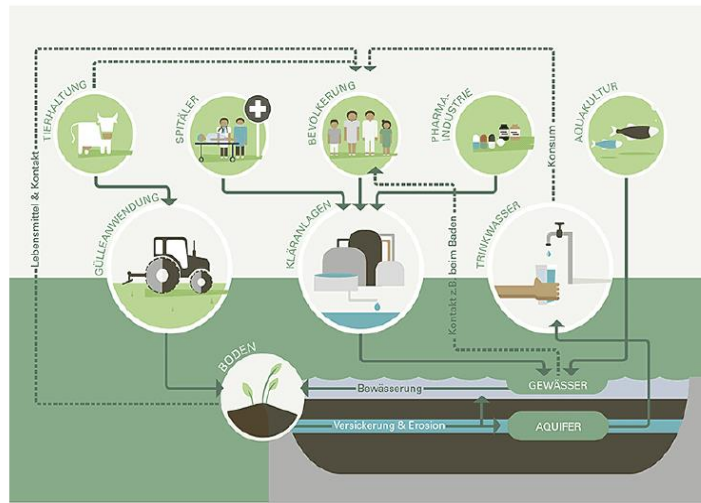
Einzugsgebiet des Wasserwerk Kaulsdorf (Berliner Wasserbetriebe)



Kontamination durch Hundefäkalien.
Mögliche Maßnahme: Sensibilisierung der Hundehalter
und Aufstellen von Hundekottütensponder.

Folie 16 TZW

MST ZUR HERKUNFTSIDENTIFIZIERUNG VON ANTIBIOTIKARESISTENZEN

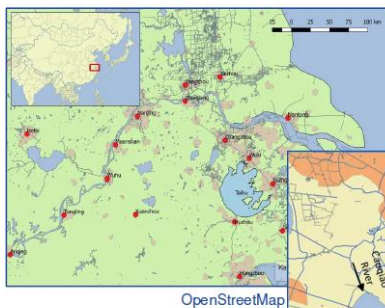


Quelle: <https://www.eawag.ch/abteilung/surf/projekte/antibiotikaresistenzen/>

Folie 17 TZW

MST ZUR HERKUNFTSIDENTIFIZIERUNG VON ANTIBIOTIKARESISTENZEN

Tai-See

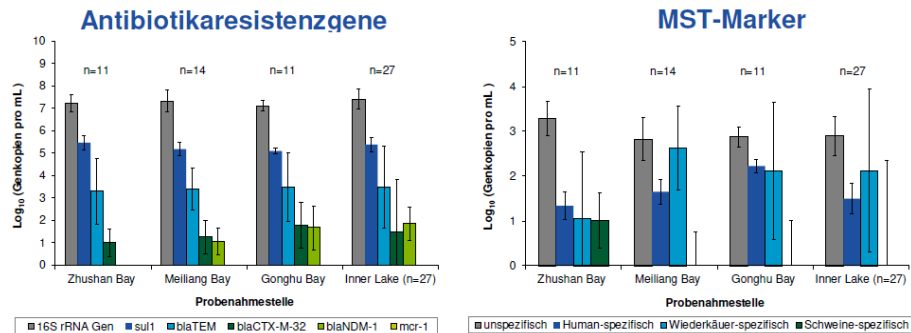


- Oberfläche: 2 338 km²
- Maximale Tiefe: 4 m
- Durchschnittliche Tiefe: 1,9 m
- Trinkwasserreservoir für ca. 10 Millionen Menschen



Folie 18 TZW

MST ZUR HERKUNFTSIDENTIFIZIERUNG VON ANTIBIOTIKARESISTENZEN



Der Tai-See ist ein Reservoir von Antibiotikaresistenzen. Die Gesamtbelastung mit Fäkalien ist gering. MST-Ergebnisse deuten auf diffuse Einträge hin, wobei Wiederkäuer-spezifische Marker am häufigsten nachgewiesen werden.

Stange C., Yin D., Xu T., Guo X., Schäfer C., Tiehm A. Distribution of clinically relevant antibiotic resistance genes in Lake Tai, China. Science of the Total Environment 655: 337-346, 2019, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.211.

Folie 20 TZW

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- **Bacteroides-basierte** quantitativen PCR-Methoden sind **sehr spezifische Verfahren** für MST-Zwecke.
- Ergebnisse belegen **Praxistauglichkeit** der PCR-basierten Methodik – auch in komplexen Einzugsgebieten.
- Wichtige **Hinweise auf einen Großteil der Verursacher**, die zu **Managementempfehlungen** führten
- **Kombination des Nachweises von MST-Markern und Antibiotikaresistenzgenen**
 - ➔ Bessere Einschätzung des Gefährdungspotenzials
 - ➔ Ableitung von Managementmaßnahmen / Kontrollstrategien zur Minimierung der Einträge
- Die **Analyseverfahren stehen** für weitere Untersuchungen z.B. für Wasserversorger **zur Verfügung**.
- Verbesserung der **Empfindlichkeit**: Anreicherung eines **größeren Probenvolumens** (z.B. über Ultrafiltration) und Einsatz der **digitalen droplet PCR**

Folie 21 TZW

MEIN DANK GILT

- dem BMBF, DVGW und der EU für die finanzielle Förderung
- allen beteiligten Projektpartnern
- allen Kolleginnen und Kollegen am TZW Karlsruhe insbesondere in der Abteilung Wassermikrobiologie
- **IHNEN FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**



Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf

Sponsoren

Ihre Vorteile in der Wasserchemischen Gesellschaft	Mitgliedschaft	
- Das Netzwerk des Wasser-Wissens: In der Wasserchemischen Gesellschaft finden sich Fachleute verschiedener Disziplinen, die Wasser zu ihrer Profession gemacht haben. - Plattform für die gemeinsame aktive Arbeit an Wasserthemen (z. B. Erarbeitung fachlicher Stellungnahmen, Initiierung von Forschungsverbünden, etc.) - Entwicklung beruflicher Perspektiven - Förderung von Gedanken- und Erfahrungsaustausch durch eigene Tagungen, Workshops und Veröffentlichungen - Neue Mitglieder erhalten einmalig eine Freikarte zur Teilnahme an der Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft.	Werden Sie Mitglied in der Wasserchemischen Gesellschaft und Teil eines großen Netzwerkes! "Ich habe hier Kollegen und Freunde gefunden, mit denen ich gemeinsame Projekte konzipieren und durchführen konnte." "Ich bin schon als Student eingetreten. Hier sind Kontakte entstanden, durch die ich meine Stelle gefunden habe." Fachgruppenbeitrag: € 20,00 / Jahr Studenten: Beitragsfrei Voraussetzung für die Mitgliedschaft in der Wasserchemischen Gesellschaft ist die Mitgliedschaft in der GDCh.	  Wasserchemische Gesellschaft Eine Fachgruppe innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. www.wasserchemische-gesellschaft.de
Wasserchemische Gesellschaft Fachgruppe innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (GDCh) Vorsitzender: Prof. Dr. Thomas Ternes Bundesanstalt für Gewässerkunde Am Mainzer Tor 1 56068 Koblenz ☎ +49 203 36 97 96 14 @ sekretariat@wasserchemische-gesellschaft.de www.wasserchemische-gesellschaft.de ©Wasserchemische Gesellschaft 2022		



Verzeichnis Schriftenreihe
"Berichte aus Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München"

Die Hefte können über die Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Am Coulombwall, 85748 Garching bezogen werden. Zahlreiche Hefte sind auch in elektronischer Form verfügbar.

Tel.: 089/289 13727, Fax:089/289 13718, Mail: foerderverein@bv.tum.de

Heft 1	Pecher, R.	Hilfstafeln zur hydraulischen Berechnung von offenen künstlichen Gerinnen (1969) 17 Seiten, 8 Beispiele, 6 Anlagen, Euro 2,--
Heft 2	Pecher, R.	Der Abflußbeiwert und seine Abhängigkeit von der Regendauer (1969) 140 Seiten, 18 Abb., 46 Anlagen, Euro 13,--
Heft 3	Pecher, R.	Die Bemessung von Regenbecken in der Stadtentwässerung (1970) 101 Seiten, 26 Abb., 19 Anlagen, vergriffen
Heft 4	1. Abwassertechnisches Seminar	Berechnungsmethoden für Abwasserkanäle, Regenüberläufe und Regenbecken (1970) 200 Seiten, 65 Abb., 4 Anlagen, vergriffen
Heft 5	2. Abwassertechnisches Seminar	Ausgewählte Kapitel zur Technik der Abwasserreinigung (1971) 217 Seiten, 80 Abb., vergriffen
Heft 6	3. Abwassertechnisches Seminar	Akute Probleme der Abwassertechnik und Abfallbeseitigung (1973) 144 Seiten, 38 Abb., Euro 12,--
Heft 7	4. Abwassertechnisches Seminar	Neue Aspekte zur Kanalbemessung und Leistungsverbesserung biologischer Kläranlagen (1974) 180 Seiten, 56 Abb., Euro 14,--
Heft 8	5. Abwassertechnisches Seminar	Entwicklung bei kleinen Kläranlagen und bei der Automation in der Abwassertechnik (1975) 193 Seiten, 83 Abb., Euro 14,--
Heft 9	Brunner, P.G.	Die Verschmutzung des Regenwasserabflusses im Trennverfahren. Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Niederschlagsverhältnisse im voralpinen Raum (1975) 200 Seiten, 18 Abb., 41 Anlagen, Euro 15,--
Heft 10	Bischofsberger, W.	Entwicklung und Tätigkeit des Lehrstuhls und Prüfamtes im Zeitraum 1966 – 1975 (1976) 52 Seiten, 7 Abb., 2 Tabellen, vergriffen

Heft 11	Neumann, W., Marr, G.	Der Niederschlagsabfluß in städtischen Einzugsgebieten (1976) 268 Seiten, 52 Abb., 9 Anlagen, Euro 18,--
Heft 12	6. Abwassertechnisches Seminar	Verbesserter Gewässerschutz durch Leistungssteigerung in der Klärtechnik (1976) 195 Seiten, 54 Abb., Anhang, Euro 14,--
Heft 13	Bischofsberger, W., Hegemann, W., Ruf, M., Overath, H.	Anwendungen von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen (1976) 530 Seiten, 80 Abb., 56 Anlagen, Anhang, vergriffen
Heft 14	1. Wassertechnisches Seminar	Fernwasserversorgung (1977) 226 Seiten, 90 Abb., 8 Tafeln, Euro 15,--
Heft 15	Ottmann, E.	Untersuchungen über den Einsatz, die Bemessung und Leistung von Erdbecken und Oxidationsteichen (1977) 290 Seiten, 56 Abb., 94 Anlagen, Euro 18,--
Heft 16	Hruschka, H., Meyer, T.	Untersuchungen über den Einsatz von Prozeßrechnern auf Kläranlagen (1979) 218 Seiten, 24 Abb., 10 Tabellen, Euro 14,--
Heft 17	7. Abwassertechnisches Seminar	Planungsgrundlagen und Planungskonzepte in der Kanalisations- und Klärtechnik (1977) 190 Seiten, 62 Abb., Euro 14,--
Heft 18	Veits, G.	Einfluß der Vorklärung auf die biologische Stufe und auf die Wirtschaftlichkeit von Belebungsanlagen (1977) 160 Seiten, 38 Abb., 36 Anlagen, Euro 14,--
Heft 19	1. Mülltechnisches Seminar	Problematik der Ablagerung fester Abfallstoffe (1977) 133 Seiten, 12 Abb., 24 Tabellen, Euro 14,--
Heft 20	2. Wassertechnisches Seminar	Wasserspeicherung (1977) 195 Seiten, 120 Abb., 3 Tabellen, Euro 15,--
Heft 21	Billmeier, E.	Verbesserte Bemessungsvorschläge für horizontal durchströmte Nachklärbecken von Belebungsanlagen (1978) 180 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, 25 Seiten Anhang, Euro 18,--
Heft 22	Bischofsberger, W., Ruf, M., Hruschka, H., Hegemann, W.	Anwendung von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen Teil II. Eisen(II)-Salz und Kalk (1978) 220 Seiten, 38 Abb., 43 Tabellen, Euro 18,--
Heft 23	Göttle, A.	Ursachen der Regenwasserverschmutzung und Einflußgrößen auf die Abflußbeschaffenheit im Trennverfahren (1978) 405 Seiten, 42 Abb., 34 Tabellen, 41 Anlagen, Euro 23,--
Heft 24	Seminar aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft 1978	3. Wasser-, 8. Abwasser- und 2. Mülltechnisches Seminar - Institutseinweihung 1978 (1978) 477 Seiten, 149 Abb., 37 Tabellen, Euro 19,--

Heft 25	9. Abwassertechnisches Seminar	Erfahrungen mit der weitergehenden Abwasserbehandlung durch Fällungsreinigung (1979) 395 Seiten, 139 Abb., 36 Tabellen, Euro 21,--
Heft 26	3. Mülltechnisches Seminar	Abgasreinigung und Gewässerschutz bei der thermischen Abfallbehandlung (1980) 256 Seiten, 60 Abb., 29 Tabellen, Euro 21,--
Heft 27	4. Wassertechnisches Seminar	Wasserförderung - Planung, Bau und Betrieb von Pumpwerken (1980) 190 Seiten, 107 Abb., 1 Tabelle, Euro 18,--
Heft 28	10. Abwassertechnisches Seminar	Belüftungssysteme und Energiehaushalt bei der Abwasserreinigung (1980) 353 Seiten, 145 Abb., 35 Tabellen, Euro 21,--
Heft 29	Resch, H.	Untersuchungen an vertikal durchströmten Nachklärbecken von Belebungsanlagen - Neue Gesichtspunkte für Bemessung und Betrieb (1981) 250 Seiten, 49 Abb., 17 Tab., Euro 19,--
Heft 30	Dauschek, H., Bischofsberger, W.	Beeinträchtigung von Oberflächen und Grundwasser durch Auftausalze in Schutzzonen (1986) 150 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, 264 Anlagen, Euro 26,--
Heft 31	5. Wassertechnisches Seminar	Wasserverteilung - Planung, Bau und Betrieb von Rohrnetzen (1981) 251 Seiten, 49 Abb., 7 Tabellen, vergriffen
Heft 32	4. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Verwertung von metallhaltigen Rückständen (1981) 208 Seiten, 38 Abb., 27 Tabellen, Euro 18,--
Heft 33	11. Abwassertechnisches Seminar	Biologische Stabilisierung von Schlämmen und hochkonzentrierten Abwässern (1981) 254 Seiten, 90 Abb., 40 Tabellen, Euro 19,--
Heft 34	Bischofsberger, W., Ruf, M., Winkler, R.	Herkunft und Verbleib von Schwermetallen im Abwasser und Klärschlamm (1981) 252 Seiten, 57 Abb., 108 Tabellen, vergriffen
Heft 35	Hruschka, H, Marr, G., Overath, H Trommsdorff, K.U.	Optimierung der chemischen Fällung mit Metallsalzen durch Steuerung der Fällmittelzugabe (1982) 173 Seiten, 58 Abb., 27 Tabellen, Euro 15,--
Heft 36	6. Wassertechnisches Seminar	Wasseraufbereitung - Planung, Ausrüstung und Betrieb von Wasseraufbereitungsanlagen (1982) 166 Seiten, 63 Abb., 3 Tabellen, vergriffen
Heft 37	5. Mülltechnisches Seminar	Gemeinsame Behandlung von Müll und Klärschlamm (1982) 202 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, Euro 18,--
Heft 38	12. Abwassertechnisches Seminar	Schlammbehandlung unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffen im Klärschlamm (1982) 284 Seiten, 68 Abb., 34 Tab., Euro 21,--

Heft 39	Hruschka, H.	Prozeßführung auf Kläranlagen durch Einsatz elektronischer Rechner (1983) 178 Seiten, 30 Abb., 21 Tabellen, Euro 18,--
Heft 40	Neumann, W., Tränkler, J.	Kompostierung von Abfällen in einem Bio-Tunnel-Reaktor (1983) 166 Seiten, 43 Abb., 48 Tabellen, Euro 18,--
Heft 41	Sampson, G.,	Auswirkungen der Fällung und Flockung auf den Schlammanfall und die Kosten der Schlammbehandlung (1983) 211 Seiten, 48 Abb., 51 Tabellen, 84 Anlagen, Euro 21,--
Heft 42	7. Wassertechnisches Seminar	Automatisierung in Wasserwerken (1983) 204 Seiten, 51 Abb., 12 Tabellen, vergriffen
Heft 43	6. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Beseitigung von Sonderabfällen (1983) 234 Seiten, 51 Abb., 36 Tabellen, Euro 21,--
Heft 44	13. Abwassertechnisches Seminar	Das Niederschlags-Abflußverhalten städtischer Gebiete (1983) 404 Seiten, 146 Abb., 30 Tabellen, vergriffen
Heft 45	Hajek, P.-M., Neumann, W., Bischofsberger, W.	Untersuchungen zum Sauerstoffhaushalt in Fließgewässern (1983) 286 Seiten, 112 Abb., 64 Tabellen, Euro 26,--
Heft 46	8. Wassertechnisches Seminar	Grundwassergewinnung - Planung, Bau und Betrieb (1983) 198 Seiten, 72 Abb., 7 Tabellen, Euro 21,--
Heft 47	7. Mülltechnisches Seminar	Beseitigung von Reststoffen aus der Müll- und Klärschlammbehandlung (1984) 235 Seiten, 43 Abb., 35 Tabellen, Euro 23,--
Heft 48	Bischofsberger, W., Resch, H., Baumgart, P.	Schlämme aus Hauskläranlagen (1987) 163 Seiten, 28 Abb., 32 Tabellen, 25 Anlagen, Euro 21,--
Heft 49	Günthert, F.W.	Ein Beitrag zur Bemessung von Schlammräumung und Eindickzone in horizontal durchströmten runden Nachklärbecken von Belebungsanlagen (1984) 203 Seiten, 65 Abb., 20 Tab., 151 Anlagen, Euro 28,--
Heft 50	Geiger, W.F.	Mischwasserabfluß und dessen Beschaffenheit. Ein Beitrag zur Kanalnetzplanung (1984) 253 Seiten, 57 Abb., 41 Tabellen, 154 Anlagen, Euro 31,--
Heft 51	14. Abwassertechnisches Seminar	Leistungssteigerung und Leistungsgrenzen biologischer Kläranlagen (1984) 303 Seiten, 165 Abb., 19 Tabellen, Euro 26,--
Heft 52	Hajek, P.-M.	Stickstoffoxidation in Fließgewässern - Ein Beitrag zur Bedeutung, den Abhängigkeiten und der mathematischen Modellierung der Nitrifikation (1984) 230 Seiten, 55 Abb., 30 Tabellen, 78 Anlagen, Euro 26,--
Heft 53	Wechs, F.	Ein Beitrag zur zweistufigen anaeroben Klärschlammbehandlung (1985) 203 Seiten, 72 Abb., 68 Tabellen, 52 Anlagen, vergriffen

Heft 54	Lessel, T.	Optimierung des Verfahrens zur Gammabestrahlung von Klärschlamm (1985) 239 Seiten, 64 Abb., 17 Tabellen, 50 Anlagen, Euro 26,--
Heft 55	Zäschke, W.	Ermittlung optimaler Tragfähigkeitsreihen vorgefertigter Rohre für Abwasserkanäle (1985) 180 Seiten, 43 Abb., 35 Tabellen, 26 Anlagen, vergriffen
Heft 56	Bischofsberger, W., Seyfried, C.F., Lohse, M., Bischofsberger, F.	Wärmeentnahme aus Abwasser (1984) 331 Seiten, 59 Abb., 15 Tabellen, 12 Anlagen, Euro 26,--
Heft 57	9. Wassertechnisches Seminar	Rohrnetz und Rohrwerkstoffe (1985) 225 Seiten, 77 Abb., 23 Tabellen, Euro 21,--
Heft 58	8. Mülltechnisches Seminar	Umwelteinflüsse von Abfalldeponien und "Neue Konzepte und Verfahren in der Sondermüllaufbereitung" (1985) 412 Seiten, 95 Abb., 49 Tabellen, Euro 31,--
Heft 59	15. Abwassertechnisches Seminar	Kleine Kläranlagen - Planung, Bau und Betrieb (1985) 380 Seiten, 131 Abb., 33 Tabellen, vergriffen
Heft 60	Verschiedene Autoren	Berichte aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls für Wassergütwirtschaft (Festschrift für Prof.Dr.-Ing. W. Bischofsberger, 1985) 488 Seiten, 115 Abb., 23 Tabellen, vergriffen
Heft 61	2. Kalkseminar	Kostengünstige Verfahren in der Abwassertechnik unter Einsatz von Kalk - Einfluß des Energieeintrages auf Fällung und Flockung von kommunalen Abwässern (1985) 349 Seiten, 131 Abb., 33 Tabellen, Anhang, Euro 23,--
Heft 62	Leonhard, K., Pfeiffer, W., Hegemann, W.	Die Wirkung von Schwermetallen im Klärschlamm - Kupfer, Zink und Silber (1985) 160 Seiten, 41 Abb., 28 Tabellen, Euro 21,--
Heft 63	Bischofsberger, W., Weigelt, R., Klebe, S.	Ein Beitrag zur Entwicklung und den Ursachen des Chloridanstiegs im Grundwasser (1985) 194 Seiten, 93 Abb., 8 Tabellen, Euro 23,--
Heft 64	Lindner, P., Riederer, E., Bischofsberger, W.	Physikalischer Sauerstoffeintrag in gestaute Fließgewässer (1987) 148 Seiten, 31 Abb., 27 Tabellen, 21 Anlagen, Euro 21,--
Heft 65	10. Wassertechnisches Seminar	Projektierung von Wasserwerken (1985) 229 Seiten, 83 Abb., 9 Tabellen, vergriffen
Heft 66	9. Mülltechnisches Seminar	Konzepte für Gewinnung von Wertstoffen aus Hausmüll (1985) 346 Seiten, 77 Abb., 40 Tabellen, Euro 26,--
Heft 67	Temper, U., Pfeiffer, W., Bischofsberger, W.	Stand und Entwicklungspotentiale der anaeroben Abwasserreinigung (1986) 737 Seiten, 188 Abb., 180 Tabellen, Euro 31,--

Heft 68	Merkel, G., Huyeng, P.	Tauwasserbildung in Trinkwasserbehältern – Lüftungs- und wärmetechnische Maßnahmen (1986) 207 Seiten, 56 Abb., 9 Tabellen, 30 Anlagen, Euro 26,--
Heft 69	16. Abwassertechnisches Seminar	Abwasserbehandlung in mehrstufigen biologischen Kläranlagen (1986) 373 Seiten, 134 Abb., 52 Tabellen, 2 Anlagen, Euro 26,--
Heft 70	Bischofsberger, W.	Entwicklung und Tätigkeit des Lehrstuhles für Wassergütwirtschaft im Zeitraum 1976 – 1985 (1986) 176 Seiten, 19 Abb., 5 Tabellen, Euro 26,--
Heft 71	Neumann, W., Brummer, J.	Ermittlung von Niederschlagskenngrößen zur Beschreibung von Modellregen für die Bemessung von Kanalnetzen (1986) 236 Seiten, 75 Abb., 29 Tabellen, Euro 23,--
Heft 72	Hofmann, H.	Konzeption und Bemessung der vorgeschalteten Denitrifikation beim Belebungsverfahren (1986) 285 Seiten, 64 Abb., 47 Tabellen, 44 Anlagen, Euro 26,--
Heft 73	11. Wassertechnisches Seminar	Trinkwasserbereitstellung – Speicherung und Förderung (1987) 287 Seiten, 92 Abb., 14 Tabellen, vergriffen
Heft 74	10. Mülltechnisches Seminar	Energetische Nutzung von Abfallstoffen und 2. Fachgespräch: Konzepte und Verfahren in der Sondermüllbeseitigung (1987) 333 Seiten, 53 Abb., 27 Tabellen, Euro 26,--
Heft 75	17. Abwassertechnisches Seminar	Planung, Bau und Betrieb von Regenentlastungen und Fachgespräch: Kanalnetzsteuerung und Regenentlastungen (1987) 548 Seiten, 183 Abb., 19 Tabellen, Euro 28,--
Heft 76	Fachseminare	Chemische Fällung und Flockung mit Metallsalzen – Konditionierung und Entwässerung kommunaler Abwasserschlämme (1987) 399 Seiten, 156 Abb., 26 Tabellen, Euro 28,--
Heft 77	Becker, M., Brummer, J., Geiger, W.F.	Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf den Abfluß in Kanalnetzen (1987) 193 Seiten, 61 Abb., 28 Tabellen, 9 Anlagen, Euro 26,--
Heft 78	Geiger, W.F., Pflügler, H., Schindler, H.	Bewirtschaftung eines städtischen Entwässerungssystems durch Abflußsteuerung an einem Regenrückhaltebecken (1987) 260 Seiten, 128 Abb., 19 Tabellen, 22 Anlagen, Euro 28,--
Heft 79	12. Wassertechnisches Seminar	Schadstoffe im Grundwasser – Auswirkungen und Maßnahmen zur Entfernung (1988) 496 Seiten, 140 Abb., 55 Tabellen, Euro 28,--
Heft 80	Bischofsberger, W.	Siedlungswasserwirtschaft im Wandel der Zeiten (1987) 160 Seiten, 60 Abb., 2 Tabellen, Euro 10,--
Heft 81	11. Mülltechnisches Seminar	Integrierte Konzepte der Abfallentsorgung (1988) 168 Seiten, 22 Abb., 15 Tabellen, Euro 18,--

Heft 82	18. Abwassertechnisches Seminar	Wasserrechtlicher Vollzug – Mindestanforderungen, Sicherer Kläranlagenbetrieb (1988) 344 Seiten, 84 Abb., 12 Tabellen, Euro 28,--
Heft 83	Rothmeier, F.	Ermittlung von Belastungen für die Kanalnetzberechnung – Stochastische Modelle und abflussorientierte Optimierung (1988) 230 Seiten, 29 Abb., 12 Tab., 26 Anlagen, Euro 21,--
Heft 84	Orth, P., Ebers, T.	Auswirkungen von Abwasser und Niederschlagsversickerung auf Boden und Grundwasser (1988) 304 Seiten, 73 Abb., 38 Tabellen, vergriffen
Heft 85	13. Wassertechnisches Seminar	Qualitätsüberwachung von Roh- und Trinkwasser – Messung, Analyse und Bewertung (1989) 268 Seiten, 66 Abb., 25 Tabellen, Euro 23,--
Heft 86	12. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Beseitigung organischer Abfälle und 3. Fachgespräch Sondermüll - Chemisch-physikalische Behandlung von Sickerwasser aus Sonderabfalldeponien (1989) 352 Seiten, 75 Abb., 75 Tabellen, Euro 28,--
Heft 87	Pfeiffer, W.	Verfahrensvarianten der biologischen Stabilisierung und Entseuchung von Klärschlamm – Leistungsvergleich (1990) 350 Seiten, 49 Abb., 38 Tabellen, 28 Anlagen, Euro 23,--
Heft 88	Steinmann, G.	Sedimentations- und Koagulationsvorgänge in Nachklärbecken von Tropfkörpern mit Vorschlägen für die Bemessung (1989) 278 Seiten, 113 Abb., 47 Tabellen, 148 Anlagen, Euro 28,--
Heft 89	Bischofsberger, W., Born, R.	Verfahrens- und umwelttechnische Analyse neuer thermischer Prozesse in der Abfallwirtschaft - Phase I: Pyrolyse (1989) 290 Seiten, 27 Abb., 60 Tabellen, 44 Anlagen, vergriffen
Heft 90	Bischofsberger, W., Born, R.	Verfahrens- und umwelttechnische Analyse neuer thermischer Prozesse in der Abfallwirtschaft - Phase II: Wirbelschichtfeuerung (1989) 310 Seiten, 60 Abb., 47 Tabellen, vergriffen
Heft 91	19. Abwassertechnisches Seminar	Weitergehende Abwasserreinigung - Stickstoff- und Phosphorelimination (1989) 275 Seiten, 75 Abb., 39 Tabellen, vergriffen
Heft 92	Ried, M.	Schwermetallelimination aus Klärschlamm - Kritische Beurteilung der Möglichkeiten eines Säureverfahrens, (1990) 208 Seiten, 95 Abb., 59 Tabellen, 107 Anlagen, Euro 28,--
Heft 93	Schönberger, R.	Optimierung der biologischen Phosphorelimination bei der kommunalen Abwasserreinigung (1990) 255 Seiten, 65 Abb., 28 Tabellen, vergriffen
Heft 94	Bischofsberger, W., Steinmann, G.	Einfluß des Mischwasserzuflusses auf das Tropfkörperverfahren (1990) 116 Seiten, 48 Abb., 16 Tabellen, 18 Anlagen, Euro 15,--

Heft 95	14. Wassertechnisches Seminar	Neuere Technologien in der Trinkwasseraufbereitung. (1990) 332 Seiten, 85 Abb., 29 Tabellen, Euro 26,--
Heft 96	13. Mülltechnisches Seminar	Thermische Nutzung der Energieinhalte von Abfallstoffen (1990) 293 Seiten, 78 Abb., 22 Tabellen, Euro 23,--
Heft 97	Rettinger, S.	Wasser- und Stoffdynamik bei der Abwasserperkolatation (1992) 289 Seiten, 47 Abb., 15 Tabellen, 6 Anlagen, Euro 26,--
Heft 98	Ebers, T., Bischofsberger, W.	Leistungssteigerung von Kleinkläranlagen (1992) 532 Seiten, 172 Abb., 35 Tabellen, 44 Anlagen, Euro 31,--
Heft 99	20. Abwassertechnisches Seminar	Abwasserbehandlung in den letzten 20 Jahren - Entwicklung und Zukunftsperspektiven (1990) 246 Seiten, 48 Abb., 14 Tabellen, Euro 23,--
Heft 100	Verschiedene Autoren	Beiträge aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls für Wassergütwirtschaft (Festschrift Prof.Dr.-Ing. W. Bischofsberger, 1990) 517 Seiten, 113 Abb., 29 Tabellen, Euro 26,--
Heft 101	15. Wassertechnisches Seminar und 2. Wasserrechtliches Seminar	Sicherung der Trinkwasserversorgung - Aktuelle Fragen von der Gewinnung bis zur Verwendung Das Recht des Grundwasserschutzes, seine Konkretisierung durch technische Standards und seine Durchsetzung (1991) 375 Seiten, 63 Abb., 8 Tabellen, vergriffen
Heft 102	14. Mülltechnisches Seminar	Strategien und Möglichkeiten der Abfallvermeidung und -verwertung 4. Fachgespräch Sondermüll "Reststoffe aus Sondermüllbehandlungsanlagen - Anfall und Entsorgung" (1991) 402 Seiten, 54 Abb., 43 Tabellen, Euro 23,--
Heft 103	Brummer, J.	Kurzfristige Niederschlagsvorhersagen mit Zellenschätzungen und ihr Einsatz bei der Abflußsteuerung (1991) 176 Seiten, 29 Abb., 7 Tabellen, 7 Anlagen, Euro 18,--
Heft 104	Bischofsberger, W., Deiningner, A.	Weitergehende Abwasserreinigung / Seminarvorträge zum Fortbildungsstudium (1991) 618 Seiten, 177 Abb., 62 Tabellen, vergriffen
Heft 105	21. Abwassertechnisches Seminar	Planung von Kläranlagen zur Nährstoffelimination. Verfahrenstechnische Umsetzung der Bemessungsrichtlinien (1991) 214 Seiten, 77 Abb., 17 Tabellen, Euro 21,--
Heft 106	Huyeng, P., Weigelt, R., Merkl, G., Bischofsberger, W.	Entfernung organischer Schadstoffe aus Abwasser mit pulverförmiger Aktivkohle und nachfolgender Flockungsfiltration (1991) 293 Seiten, 48 Abb., 12 Tabellen, 49 Anlagen, Euro 26,--
Heft 107	16. Wassertechnisches Seminar	Wasseraufbereitung bei kleinen Wasserwerken (1991) 167 Seiten, 67 Abb., 10 Tabellen, Euro 21,--

Heft 108	15. Mülltechnisches Seminar	Sanierung kontaminierter Böden (1991) 230 Seiten, 69 Abb., 29 Tabellen, Euro 21,--
Heft 109	Mitsdörffer, R.	Charakteristika der zweistufigen thermophilen / mesophilen Schlammfäulung unter Berücksichtigung kinetischer Ansätze (1991) 241 Seiten, 68 Abb., 13 Tabellen, 14 Anlagen, Euro 21,--
Heft 110	22. Abwassertechnisches Seminar	Konzepte und Methoden der Klärschlammverwertung (1992) 181 Seiten, 31 Abb., 53 Tabellen, vergriffen
Heft 111	Cichon, W.	Entwicklungspotential der Wirbelschichtfeuerung für die Emissionsminderung bei der thermischen Abfallbehandlung (1992) 222 Seiten, 32 Abb., Anlagen, Euro 23,--
Heft 112	17. Wassertechnisches Seminar	Wasserbehälter: Instandhaltung - Fertigteilbauweise (1992) 242 Seiten, 88 Abb., 8 Tabellen, vergriffen
Heft 113	16. Mülltechnisches Seminar	Die Deponie des 21. Jahrhunderts (1992) 186 Seiten, 30 Abb., 13 Tabellen, Euro 21,--
Heft 114	23. Abwassertechnisches Seminar	Abwassertechnik in Europa (1993) 150 Seiten, 23. Abb., 5 Tabellen, Euro 21,--
Heft 115	18. Wassertechnisches Seminar	Vorbeugende Instandhaltung in der Wasserverteilung unter Berücksichtigung moderner Rohrleitungstechnik, (1993) 214 Seiten, 50 Abb., 22 Tabellen, Euro 21,--
Heft 116	Tiefel, H.	Entsorgung von Reststoffen am Beispiel von Eindampfkristallisat einer Sickerwasser-Reinigungsanlage (1994) 160 Seiten+96 Seiten Anlagen, 27 Abb., 7 Tabellen, Euro 28,- -
Heft 117	24. Abwassertechnisches Seminar	Kostendämpfung in der Abwasserreinigung -Möglichkeiten und Grenzen (1994) 204 Seiten, 69 Abb., 22 Tabellen, Euro 23,--
Heft 118	17. Mülltechnisches Seminar	Inertisierung durch thermische Abfallbehandlung (1994) 169 Seiten, 41 Abb., 31 Tabellen, Euro 23,--
Heft 119	19. Wassertechnisches Seminar	Ausgleich und Verbund in der Wasserversorgung (1994) 191 Seiten, 71 Abb., 10 Tabellen, Euro 21,--
Heft 120	Steger, M. Th.	Untersuchungen zum Abbau halogenorganischer Verbindungen bei der Niedertemperaturkonvertierung von Klärschlamm (1994) 116 Seiten, 25 Abb., 30 Tabellen, Euro 21,--
Heft 121	18. Mülltechnisches Seminar	Praxis der biologischen Abfallbehandlung (1995) 159 Seiten, 43 Abb., 23 Tabellen, Euro 23,--

Heft 122	25. Abwassertechnisches Seminar	Additive in der Abwasserreinigung (1995) 158 Seiten, 63 Abb., 29 Tabellen, Euro 23,--
Heft 123	Netter, R.	Strömung in horizontal durchflossenen, bewachsenen Bodenfiltern und deren Einfluß auf die Abwasserreinigung (1995) 190 Seiten, 49 Abb., 16 Tabellen, Euro 26,--
Heft 124	20. Wassertechnisches Seminar	Praxisbezogene Forschung für die Wasserversorgung (1995) 250 Seiten, 92 Abb., 30 Tabellen, vergriffen
Heft 125	Festschrift zum 70. Geburtstag von em. Prof. Dr.-Ing. W. Bischofsberger	Wassergüte- und Abfallwirtschaft - Innovation zu jeder Zeit (1996) 145 Seiten, 57 Abb., 10 Tabellen, Euro 23,--
Heft 126	Fachtagung	Perspektiven der Klärschlamm Entsorgung (1996) 147 Seiten, 60 Abb., 10 Tabellen, vergriffen
Heft 127	Borho, M.	Arsenentfernung in Grundwasserwerken durch optimierte Kopplung von Oxidations- und Fällungs-/Flockungsverfahren (1996) 119 Seiten, 42 Seiten Anhang, 41 Abb., 10 Tabellen, Euro 23,--
Heft 128	Kolb, F. R.	Biologische Reinigung von Xenobiotica-haltiger Abwässer in einem Aktivkohle-Festbett-Schlaufenreaktor mit Membran-Stoffübertrager (1997) 131 Seiten, 16 Seiten Anhang, 57 Abb., 9 Tabellen, Euro 23,--
Heft 129	Fachtagung	Altlastensanierung in Bayern (1997) 181 Seiten, 51 Abb., 13 Tabellen, Euro 26,--
Heft 130	26. Abwassertechnisches Seminar	Biofilm-Technologie zur Reinigung kommunaler Abwässer: Mode oder Moderne? (1997) 230 Seiten, 88 Abb., 38 Tabellen, Euro 26,--
Heft 131	Deininger, A.	Geschwindigkeits- und Feststoffverteilung in radial durchströmten Nachklärbecken (1997) 156 Seiten, 96 Seiten Anhang, 50 Abb., 23 Tabellen, Euro 26,--
Heft 132	21. Wassertechnisches Seminar	Kostensparende Maßnahmen in der Wasserversorgung (1997) 244 Seiten, 61 Abb., 15 Tabellen, Euro 26,--
Heft 133	3. Wasserrechtliches Seminar	Neue Weichenstellung bei der Abwasserreinigung - rechtliche und technische Fragen für heute und morgen (1997) 145 Seiten, 10 Abb., 4 Tab., Euro 21,--
Heft 134	Adamietz, E.	Einfluß der Prozeßführung bei biologischer Behandlung von Papierfabrikabwasser auf die Zusammensetzung organischer Stoffe im Ablauf und der Biomasse (1997) 113 Seiten, 31 Abb., 46 Tabellen, Euro 21,--

-
- | | | |
|----------|---------------------------------|--|
| Heft 135 | Hellge, S. | Mikrobieller Abbau schwerabbaubarer Verbindungen in niedrigen Konzentrationen am Beispiel von Dibenzofuran und Dibenzo-p-dioxin (1997)
125 Seiten, davon 30 Seiten Anhang, 33 Abb., 17 Tabellen, Euro 21,-- |
| Heft 136 | Eisner, P. | Steigerung des Wärmedurchgangs und der Destillatqualität bei der Eindampfung von hochbelasteten Abwässern (1997)
116 Seiten, 55 Abb., 14 Tabellen, Euro 21,-- |
| Heft 137 | 3. Fachtagung | Thermische Abfallbehandlung (1998)
554 Seiten, 163 Abb., 92 Tabellen, Euro 61,-- |
| Heft 138 | 27. Abwassertechnisches Seminar | Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete (1998)
206 Seiten, 74 Abb., 28 Tabellen, vergriffen |
| Heft 139 | Eberl, H. | Nichtlineare hydrologische Konzeptmodelle für den Kanalabfluß und ihre Kalibrierung (1998)
171 Seiten, 27 Abb., 35 Tabellen, Euro 23,-- |
| Heft 140 | Schindler, U. | Dioden-Faser-Laser-Doppler-Anemometrie zur Untersuchung der Strömung in Biofilmreaktoren (1998)
207 Seiten, 100 Abb., 17 Tabellen, Euro 23,-- |
| Heft 141 | Kaballo, H.-P. | Das Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) Verfahren zur Reinigung von chlororganisch belasteten Abwässern im Leistungs-vergleich mit einem baugleichen kontinuierlichen Biofilmverfahren (1998)
157 Seiten, 58 Abb., 21 Tabellen, Euro 23,-- |
| Heft 142 | Döllerer, J. | Biologische Behandlung von Sickerwässern aus Sonderabfalldeponien mittels schubweise beschickter, überstauter Festbettreaktoren (1998)
121 Seiten + 10 Seiten Anhang, 28 Abb., 29 Tabellen, Euro 21,-- |
| Heft 143 | Borho, M., Merkl, G. | Wiederverwendung von Filtrerrückspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung (1999)
120 Seiten, 58 Abb., 11 Tab., Euro 21,-- |
| Heft 144 | 22. Wassertechnisches Seminar | Planung und Bau von Trinkwasserbehältern im Hinblick auf die europäische Normung (1998)
280 Seiten, 88 Abb., 16 Tabellen, Euro 26,-- |
| Heft 145 | Morgenroth, E. | Enhanced Biological Phosphorus Removal in Biofilm Reactors (1998)
148 Seiten, 59 Abb., 18 Tabellen, Euro 23,-- |
| Heft 146 | Dreher, P. | Comparability of Impact Categories in Life Cycle Assessment. Especially Toxicity and Reversibility (1999)
231 Seiten, 35 Abb., 42 Tabellen, Euro 26,-- |
| Heft 147 | Rehbein, V. | Nitrifikationsleistung belüfteter Biofilter zur kommunalen Abwasserreinigung (1998)
173 Seiten, 49 Abb., 12 Tabellen, Euro 23,-- |

Heft 148	Christ, O.	Leistungscharakteristik der ein- und zweistufigen mesophilen und thermophilen Vergärung von Bioabfällen (1999) 137 Seiten, 67 Abb., 18 Tabellen, Euro 23,--
Heft 149	Herb, S.	Biofilme auf mineralischen Oberflächen in Trinkwasserbehältern (1999) 158 Seiten, 64 Abb., 28 Tab., + 71 Seiten Anhang, Euro 26,--
Heft 150	23. Wassertechnisches Seminar	Qualitative und Quantitative Analyse von Rohrleitungssystemen in der Trinkwasserversorgung (1999) 234 Seiten, 79 Abb., 20 Tab., Euro 26,--
Heft 151	Koralewska, R.	Naßchemische Behandlung von Rostschlacken aus der Hausmüllverbrennung (1999) 190 Seiten, davon 40 Seiten Anhang, 64 Abb., 24 Tabellen, Euro 23,--
Heft 152	Huber, S.	Einfluß der Prozeßführung auf Menge und Zusammensetzung von Proteinen und Polysacchariden im Ablauf von Sequencing - Batch – Reaktoren (1999) 128 Seiten, davon 11 Seiten Anhang, 42 Abb., 9 Tabellen, Euro 21,--
Heft 153	Verschieden Autoren	Wassergüte- und Abfallwirtschaft, gestern - heute – morgen, (Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Peter A. Wilderer, 1999) 124 Seiten, 31 Abb., 7 Tabellen, Euro 21,--
Heft 154	28. Abwasser- und 19. Mülltechnisches Seminar	Prozessabwasser aus der Bioabfallvergärung (1999) 132 Seiten, 33 Abb., 30 Tabellen, Euro 23,--
Heft 155	Schreff, D,	Nutzung interner C-Quellen zur Stickstoffelimination in mehrstufigen Kläranlagen (2000) 124 Seiten + 16 Seiten Anhang, 64 Abb., 25 Tabellen, Euro 23,--
Heft 156	24. Wassertechnisches Seminar	Betriebsführung unter Einsatz von GIS - Geographischen Informationssystemen (2000) 185 Seiten, 47 Abb., 18 Tabellen, Euro 23,--
Heft 157	Statusseminar	Angewandte Membrantechnologie in Wasserwerken (2000) 124 Seiten, 46 Abb., 20 Tabellen, Euro 21,--
Heft 158	29. Abwassertechnisches Seminar	Tropfkörper, Tauchkörper, Biofilter: Stand der Technik und neue Entwicklungen (2000) 209 Seiten, 63 Abb., 36 Tabellen, Euro 23,--
Heft 159	Gebert, W.	Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit kunststoffgefüllter Tropfkörper (2001) 108 Seiten, 65 Abb., 7 Tabellen, Euro 21,--
Heft 160	Merkel, G.	Trinkwasser-Notversorgung unter besonderer Berücksichtigung militärischer und ziviler Aspekte (2000) 102 Seiten, 16 Abb., 13 Tafeln, 1 Tabelle, Anhang 1-13, Euro 21,--

Heft 161	30. Abwassertechnisches Seminar, 13. DECHEMA Fachgespräch Umweltschutz	DESAR Kleine Kläranlagen und Wasserwiederverwendung (2001) 379 Seiten, 98 Abb., 54 Tabellen, Euro 31,--
Heft 162	6. Fachtagung	Thermische Abfallbehandlung (2001) 502 Seiten, 135 Abb., 63 Tabellen, Euro 38,--
Heft 163	25. Wassertechnisches Seminar	Wasserversorgung in der Zukunft unter besonderer Berücksichtigung der Wasserspeicherung (2001) 236 Seiten + 21 Seiten Anhang, 76 Abb., 13 Tabellen, Euro 26,--
Heft 164	Arnz, P.	Biological Nutrient Removal from Municipal Wastewater in Sequencing Batch Biofilm Reactors (2001) 107 Seiten, 44 Abb., 14 Tabellen, Euro 21,--
Heft 165	Jörgens, L.	Lösungs- und Optimierungsansätze bei der Altlastenbearbeitung in Mittel- und Osteuropa (2001) 226 Seiten, 86 Abb., 56 Tabellen, Euro 26,--
Heft 166	Kappen, J.,	Kennwerte als Werkzeuge zur Minimierung des Wasserbedarfs bei der Papiererzeugung – Ein Beitrag zum prozessintegrierten Umweltschutz (2001) 146 Seiten, 60 Abb., 45 Tabellen, Euro 23,--
Heft 167	Janknecht, P.	Characterization of Ozone Transfer into Water through Porous Membranes (2001) 97 Seiten, 42 Abb. 5 Tabellen, Euro 21,--
Heft 168	Burtscher, C.	Einsatz der Polymerasekettenreaktion (PCR) für den Nachweis pathogener Bakterien in Bioabfallproben (2002) 150 Seiten, 27 Abb., 31 Tabellen, Euro 23,--
Heft 169	Böhm, B.	Nitritbildung bei der Denitrifikation in Biofiltern mit externen Kohlenstoffquellen (2002) 102 Seiten + 10 Seiten Anhang, 45 Abb., 10 Tabellen, Euro 21,--
Heft 170	Graja, S.	Liquid Effluents from the Anaerobic Treatment of Biogenic Waste: Characterization and Treatment Options (2002) 157 Seiten, 67 Abb., 26 Tabellen, Euro 23,--
Heft 171	Hendrickx, L.	Natural Genetic Transformation in Acinetobacter SP.BD413 Biofilms: Introducing natural genetic trans-formation as a tool for bioenhancement of biofilm reactors (2002) 163 Seiten, 26 Abb., 6 Tabellen, Euro 23,--
Heft 172	Fall, P. A. D.	FISH zur Überwachung von Biogasreaktoren, (2002), 125 Seiten, 13 Abb., 9 Tabellen, Euro 22,--
Heft 173	26. Wassertechnisches Seminar	Benchmarking, Trinkwasserverordnung, Partikelentfernung – aktuelle Themen der Wasserversorgung (2002) 219 Seiten, 33 Abb., 16 Tabellen, Euro 25,--
Heft 174	Huber Technology Symposium	Water – The Essence of Life, But elusive to Many (2002) 213 Seiten, 60 Abb., 26 Tabellen, Euro 25,--

Heft 175	31. Abwassertechnisches Seminar	Regenwasserversickerung – eine Möglichkeit dezentraler Regenwasserbewirtschaftung (2003) 220 Seiten, 113 Abb., 19 Tabellen, Euro 25,--
Heft 176	Tidden, F.	Leistungsmerkmale und Grenzen der mehrphasigen anaeroben Behandlung kommunaler Bioabfälle (2003) 133 Seiten + 35 Seiten Anhang, 50 Abb., 28 Tabellen, Euro 23,--
Heft 177	27. Wassertechnisches Seminar	Sanierung, Rückbau, Relining von Anlagen der Wasserversorgung (2003) 271 Seiten, 109 Abb., 26 Tabellen, Euro 27,--
Heft 178		entfällt
Heft 179	Nerger, Ch.	Hydrodynamische Charakterisierung und Einsatz der rotierenden Strahlschicht als Biofilmreaktor zur Denitrifikation von Abwässern (2004) 130 Seiten, 59 Abb., + 1 CD Rom, Euro 28,--
Heft 180	32. Abwassertechnisches Seminar	Abwasserreinigung ohne Biologie? zur Bedeutung chemisch-physikalischer Reinigungsverfahren (2004) 228 Seiten, 56 Abb., 26 Tabellen, Euro 26,--
Heft 181	Koetzle, T.	Rückgewinnung von Trinkwasser aus Filterspülwasser mittels getauchter Membrane (2004) 114 Seiten, 59 Abb., 19 Tabellen, Euro 26,--
Heft 182	Raizada, N.	Application of molecular-biological methods for the optimization of anaerobic reactors (2004) 115 Seiten, 27 Abb., 19 Tabellen, Euro 26,--
Heft 183	28. Wassertechnisches Seminar	Trinkwasserbehälter – Instandsetzung und Neubau - (2004) 226 Seiten, 127 Abb., 17 Tabellen, Euro 30,--
Heft 184	Davids. L.	Remobilisierung von Schwermetallen aus abwasserbelasteten Böden (2005) 164 Seiten, 3 Abb., 13 Tabellen + 20 Seiten Anhang, Euro 28,--
Heft 185	33. Abwassertechnisches Seminar	Niederschlagswasserbehandlung in urbanen Gebieten (2005) 183 Seiten, 63 Abb., 25 Tabellen, Euro 28,--
Heft 186	Schiegl, Ch.	Quantifizierung von Lignin aus Papierfabriks-abwässern mittels Py-GC/MS und UV/VIS (2006) 113 Seiten, 22 Abb., 14 Tabellen, Euro 28,--
Heft 187	Athanasiadis, K.	On-site Infiltration of Roof Runoff by Using Clinoptilolite as an Artificial Barrier Material (2006) 132 Seiten, 75 Abb., 34 Tabellen, Euro 35,--
Heft 188	34. Abwassertechnisches Seminar	Erhalt und Sanierung von Kanalnetzen (2006) 156 Seiten, 32 Abb., 16 Tabellen, Euro 28,--

Heft 189	29. Wassertechnisches Seminar	Arzneimittelrückstände im aquatischen Milieu (2006) 123 Seiten, 33 Abb., 8 Tabellen, Euro 38,--
Heft 190	Schwarzenbeck, N.	Aerobe Granula in der Behandlung industrieller Abwässer (2007) 99 Seiten, 37 Abb., 24 Tabellen, Euro 35,-
Heft 191	Schriewer, A.	Schadstoffpotentiale urbaner Niederschlagsabläufe mit Hinblick auf Behandlungsmöglichkeiten in dezentralen Systemen (2007) 135 Seiten, 42 Abb., 30 Tabellen, Euro 35,--
Heft 192	35. Abwassertechnisches Seminar	Ertüchtigung von Kläranlagen (2007) 215 Seiten, 90 Abb., 30 Tabellen, Euro 38,--
Heft 193	Hilliges, R.	Entwicklung eines dezentralen Behandlungssystems für hochbelastete Verkehrsflächenabläufe im urbanen Raum (2007) 187 Seiten, 122 Abb., 50 Tabellen, Euro 35,--
Heft 194	36. Abwassertechnisches Seminar	Energieeffiziente Abwasserbehandlung (2008) 207 Seiten, 94 Abb., 16 Tabellen, Euro 38,--
Heft 195	37. Abwassertechnisches Seminar	Perspektiven in der Siedlungswasserwirtschaft (2009) 150 Seiten, 28 Abb., 13 Tabellen, Euro 38,--
Heft 196	Reuter, H.	Entwicklung eines Gewässergütemodells unter Berücksichtigung der Wasserrahmenrichtlinie (2009) 108 Seiten, 77 Abb., 14 Tabellen, Euro 38,--
Heft 197	Lübken, M.	Mathamatical modeling of anaerobic digestion processes (2009) 110 Seiten, 31 Abb., 20 Tabellen, Euro 38,--
Heft 198	Langenbach, K.	Slow sand filtration of secondary effluent for wastewater reuse: Evaluation of performance and modeling of bacteria removal (2010) 116 Seiten, 40 Abb., 22 Tabellen, Euro 38,--
Heft 199	Helmreich, B.	Stoffliche Betrachtungen der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung (2010) 164 Seiten, 87 Abb., 28 Tabellen, Euro 38,--
Heft 200	38. Abwassertechnisches Seminar	Abwasseranlagen – Sanieren, Zentralisieren – Optimieren? (2010) 196 Seiten, 71 Abb., 20 Tabellen, Euro 38,--
Heft 201	Koch, K.	Verfahrenstechnische Untersuchungen und mathematische Modellierung der Prozesse bei der Vergärung von Grassilage (2010) 122 Seiten, 46 Abb., 19 Tabellen, Euro 38,--
Heft 202	Kieu, H.	Heavy metal removal by a heavy metal tolerant sulfidogenic consortium in anaerobic semicontinuous stirred tank reactors (CSTR): Changes of microbial community structure (2011) 93 Seiten, 23 Abb., 7 Tabellen, Euro 38,--

Heft 203	39. Abwassertechnisches Seminar	Gewässerschutz und Nährstoffe - Einträge, Bewertung, Elimination (2011) 196 Seiten, 71 Abb., 20 Tabellen, Euro 38,--
Heft 204	Wagner, M.	Anwendung und Vergleich bildgebender Verfahren zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Struktur von Biofilmen in der Mikro- und Mesoskala (2011) 168 Seiten, 69 Abb., 11 Tabellen, Euro 38,--
Heft 205	Martinez, D.	Anaerobic Submerged Membrane Bioreactor (MBR) treating municipal wastewater under mesophilic and psychrophilic temperature conditions (2011) 113 Seiten, 32 Abb., 14 Tabellen, Euro 38,--
Heft 206	Behle, C.	Sonnenlichtabhängige Inaktivierung und Akkumulation fäkaler Indikatorbakterien in Fließgewässern (2011) 99 Seiten, 33 Abb., 24 Tabellen, Euro 38,--
Heft 207	Simstich, B.	Einsatz der getauchten MBR-Technologie zur thermophil aeroben Behandlung von Kreislaufwässern der Papierherstellung (2012) 111 Seiten, 49 Abb., 17 Tabellen, Euro 38,--
Heft 208	40. Abwassertechnisches Seminar	Weitergehende Abwasserreinigung – brauchen wir eine vierte Reinigungsstufe (2012) 146 Seiten, 51 Abb., 29 Tabellen, Euro 38,--
Heft 209	Rocktäschel, T.	Treatment of municipal wastewater with aerobic granules- Influence of different feeding strategies (2013) 85 Seiten, 64 Abb., 13 Tabellen, Euro 38,--
Heft 210	41. Abwassertechnisches Seminar	Klärschlamm – Energie- und Wertstoffressource (2013) 162 Seiten, 52 Abb., 13 Tabellen, Euro 38,--
Heft 211	42. Abwassertechnisches Seminar	Zukunftsfähige Bewirtschaftungskonzepte für Niederschlagsabwasser (2014) 209 Seiten, 67 Abb., 8 Tabellen, Euro 38,--
Heft 212	43. Abwassertechnisches Seminar	Energieeffiziente Verfahren zur Stickstoffelimination - Innovationen aus der Forschung und Erfahrungen aus der Praxis (2015) 219 Seiten, 72 Abb., 14 Tabellen, Euro 38,--
Heft 213	Huber, M., Helmreich, B., Welker, A.	Einführung in die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse: Schacht-/ Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge (2015) 96 Seiten, 4 Abb., 3 Tabellen, Euro 38,--
Heft 214	44. Abwassertechnisches Seminar	Bedarfsgerechte Energiebereitstellung durch Kläranlagen als Baustein der Energiewende (2016) 156 Seiten, 53 Abb., 4 Tabellen, Euro 38,--
Heft 215	45. Abwassertechnisches Seminar	Weitestgehende Phosphorelimination auf kommunalen Kläranlagen – Möglichkeiten und Grenzen (2017) 170 Seiten, Euro 38,--

Heft 216	46. Abwassertechnisches Seminar	Innovative Strategien zum Umgang mit Klärschlamm (2018), 159 Seiten, Euro 38,--
Heft 217	30. Wassertechnisches Seminar	Strategien für den Umgang mit Grundwasserkontamination durch perfluorierte Verbindungen (PFCs), 86 Seiten, Euro 38,-
Heft 218	47. Abwassertechnisches Seminar	Weitergehende Abwasserbehandlung - Anforderungen, Finanzierung und Umsetzung, 185 Seiten, Euro 38,--
Heft 219	BMBF-Projekt TrinkWave Abschlussbericht	Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen (TrinkWave), 266 Seiten, kostenlos
Heft 220	31. Wassertechnisches Seminar	Neue Anforderungen an die Trinkwasseraufbereitung durch perfluorierte Verbindungen (PFAS), 122 Seiten, Euro 38,--
Heft 221	48. Abwassertechnisches Seminar	Regenwasserbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels, 167 Seiten, Euro 38,--
Heft 222	LfU-Projekt 4. Reinigungsstufe Weißenburg Schlussbericht	Pilotprojekt 4. Reinigungsstufe auf der Kläranlage Weißenburg, Erfahrungen im Regelbetrieb 158 Seiten, kostenlos
Heft 223	SubµTrack Schlussbericht	Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identität – Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung, 243 Seiten, kostenlos