

WASSER FIOIRIUM





MESSE
MÜNCHEN

Eintauchen und erleben: die ganze Welt des Labors



analytica

Von Labortechnik über Analytik und Biotechnologie bis hin zur **analytica conference**: Die Laborwelt entwickelt sich rasant – und auf der **analytica** stehen Sie im Zentrum des Fortschritts. Die Weltleitmesse für Labortechnik, Analytik und Biotechnologie bietet auf 55.000 m² einen vollständigen Marktüberblick. Treffen Sie Marktführer und Experten, entdecken Sie Weltneuheiten und finden Sie die optimale Lösung für Ihren Bedarf.

24.–27.03.2026

analytica.de

Langenauer Wasserforum 2025



Liebe Leserinnen und Leser,

seit über zwei Jahrzehnten steht das Langenauer Wasserforum (LWF) für fachliche Qualität, lebendige Diskussionen und einen offenen Austausch zwischen Wissenschaft, Praxis und Industrie. Als die Landeswasserversorgung (LW) im Jahr 2004 erstmals zum Forum nach Langenau einlud, war es das Ziel, aktuelle Fragestellungen der Wasser- und Umweltanalytik nicht nur aufzugreifen, sondern frühzeitig wegweisende Impulse zu setzen. Heute – mehr als 20 Jahre später – lässt sich feststellen: Das LWF hat sich als feste Plattform etabliert, die Trends in der Wasseranalytik begleitet, bewertet und oftmals weit vor ihrer breiten Anwendung in den Mittelpunkt gestellt hat. Ein Blick zurück verdeutlicht dies eindrücklich. Bereits in den Anfangsjahren des LWF wurde die damals neue Methode der Flüssigchromatographie, gekoppelt mit Massenspektrometrie (LC-MS/MS), diskutiert. Sie eröffnete der Spurenanalytik neue Horizonte: Polare Spurenstoffe wie Arznei- und Röntgenkontrastmittel konnten erstmals ohne aufwendige Voranreicherung direkt bestimmt werden – ein Meilenstein in der Trinkwasseranalytik. In den folgenden Jahren lenkte das Forum den Fokus auf weitere zukunftsweisende Themen. Das Non-Target-Screening mit hochauflösender Massenspektrometrie etwa erweiterte das methodische Spektrum erheblich. Hier ging es nicht mehr nur um die gezielte Suche nach bekannten Stoffen, sondern um die systematische Erfassung unbekannter Spurenstoffe – verbunden mit der Entwicklung komplexer Workflows für Auswertung und Bewertung. Ergänzend rückte die wirkungsbezogene Analytik in den Mittelpunkt: Biotests wurden vorgestellt als komplementäre Methode, um toxische Wirkungen nachzuweisen und damit eine Priorisierung in der Vielzahl von Substanzen zu ermöglichen. Auch gesellschaftlich diskutierte Themen wie Mikroplastik fanden ihren Platz im Programm – verbunden mit der wichtigen Botschaft, dass für das Trinkwasser bislang Entwarnung gegeben werden kann. Und schließlich wurden frühzeitig per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) behandelt, deren Nachweis, Vorkommen und Bewertung in der öffentlichen und wissenschaftlichen Diskussion zunehmend an Bedeutung gewonnen haben. Damit zeigt sich: Das Langenauer Wasserforum war stets ein Ort, an dem innovative Methoden vorgestellt, kritisch reflektiert und in die Praxis eingeordnet wurden. Die Landeswasserversorgung hat als Veranstalter dazu beigetragen, aktuelle Themen frühzeitig sichtbar zu machen und den Transfer zwischen Forschung, Laborpraxis und Wasserwirtschaft zu fördern. Vor diesem Hintergrund setzt auch das 16. Langenauer Wasserforum am 17. und 18. November 2025 diese Tradition fort – und das mit dem Leitthema: „Trinkwasseranalytik aktuell: Daten, Fakten, Trends“. Die

Veranstaltung auf dem Gelände des Wasserwerks Langenau, die erneut in hybrider Form durchgeführt wird, knüpft an die Geschichte an und richtet zugleich den Blick in die Zukunft. Ein Keynote-Vortrag beleuchtet die Rolle der (Öko)toxikologie in der Wasseranalytik – ein Thema, das Erkenntnisse aus Chemie, Biologie und Umweltwissenschaften miteinander verbindet und damit neue Perspektiven auf die Bewertung von Spurenstoffen eröffnet. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf den Stoffeinträgen aus Industrie und Gewerbe in Gewässer: ein hochrelevantes Thema, das Schnittstellen zwischen Umweltschutz, Regulierung und Praxis der Wasserwirtschaft aufzeigt. Auch die Digitalisierung ist im Programm prominent vertreten. Moderne Laborinformationsmanagementsysteme (LIMS) prägen heute die Abläufe von der Probenahme über die Erfassung und den Datentransfer bis hin zur automatisierten Befund- und Rechnungserstellung. Vieles, was vor einigen Jahren noch visionär klang, ist inzwischen Alltag geworden – und behält weiterhin seinen herausfordernden Charakter bei. Gleiches gilt für das Online-Monitoring: Innovative Verfahren wie das Rohwasser-Screening auf Spurenstoffe oder mikrobiologische Parameter zeigen, wie Echtzeit-Analytik in der Praxis genutzt werden kann. Das Rahmenprogramm greift zudem ein Thema auf, das weit über die Wasseranalytik hinausweist: „Faszination Künstliche Intelligenz – ein menschlicher Blick auf Chancen und Risiken“. Der Abendvortrag lädt dazu ein, die Potenziale und Grenzen neuer Technologien im gesellschaftlichen Kontext zu reflektieren – und das auf unterhaltsame Art und Weise. Die vorliegende 7. Sonderpublikation zum Langenauer Wasserforum greift diese Themen auf, vertieft sie mit Beiträgen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Praktikern und Ausstellern und möchte so über die Veranstaltung hinaus einen nachhaltigen Mehrwert bieten. Sie lädt ein, sich mit den Entwicklungen der Wasseranalytik auseinanderzusetzen, Bewährtes kritisch zu hinterfragen und gemeinsam neue Wege zu erkunden. Wir freuen uns, dass das Langenauer Wasserforum auch in seiner 16. Auflage eine Plattform für Austausch, Wissenstransfer und Vernetzung bietet – und danken allen, die mit ihren Beiträgen, Diskussionen und ihrem Engagement dazu beitragen, die Zukunft der Wasseranalytik aktiv zu gestalten.

Autor | Kontakt

Dr. Wolfram Seitz

Zweckverband Landeswasserversorgung | Betriebs- und Forschungslabor
Am Spitzigen Berg 1 | 89129 Langenau | www.lw-online.de



Dr. Regine Fischeder | Dr. Tobias Bader | Dr. Rudi Winzenbacher | Dr. Wolfram Seitz

Inhalt

Editorial – Langenauer Wasserforum 2025	03
Dr. Wolfram Seitz	
Chemie im Fluss	06
Dr. Tobias Bader Dr. Wolfram Seitz Dr. Rudi Winzenbacher	
Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe	09
Dr. Rebekka Gulde Dr. Saskia Zimmermann-Steffens et al.	
Somatische Coliphagen als neuer Betriebsparameter der TrinkwV	12
Dr. Regine Fischeder	
Zuverlässige Überwachung der Wasserqualität im Wasserwerk	15
Nicolas Kaltwasser	
Eine umfassende Lösung für die UV-Trinkwasserbehandlung	18
Advertorial Aquafides	
Intermediate-Volume (IV) Inlet Liners	20
Erica Pack Mark Badger	
Comprehensive methods based on European Directive 202/2184	24
Josep Blasco Michael Scherer Jianru Stahl-Zeng et al.	
Glyphosat im Abwasser	27
Dr. Nicolai Bätz Dr. Jochen Türk et al.	
PFAS-Nachweis in Wasser über Summenparameter	30
Andreas Ganzbuhl Dr. Leonie Hacker Dr. Stefanie Seipp	
Innovative toxikologische Bewertung der Effizienz von Kläranlagen	32
Anne Ringelmann Prof. Dr. Gertrud Morlock	
Nachhaltige Laborinfrastruktur für präzise Wasseranalytik	36
Manuela Sterns	
Eine ökotoxikologische Perspektive	39
Relevanz von Regenüberlaufbecken-Abschlägen	
Dr. Sabrina Schiwy	
Die Digitalisierung in der Wasserüberwachung	42
Dr. Tobias Pflock	
Vom Datenstrom zum Wissensfluss	44
Das Labor auf dem Weg zur Automatisierung	
Dr. Gerrit Renner	
Target- und Non-Target-Screening	47
Workflow für die laborübergreifende Überwachung	
Dr. Martin Loos Dr. Pavel Ondruch	
Produktprofil	49
AHF Analysentechnik	
Retrospektiver Einsatz von Non-Target-Screening	50
Dr. Stefan Bieber PD Dr. Thomas Letzel	
Mobile Systeme zur E. coli-Überwachung in Gewässern	52
Franziska Knoche Andreas Hausot et al.	
Effiziente Wasseranalytik	54
Warum offline, wenn's auch online geht?	
Interview mit Dr. Monika Wortberg BASF	
Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie in der Praxis	56
Prof. Dr. Melanie Broszat Prof. Dr. Bernd Spangenberg	
analytica 2026 I Die ganze Welt des Labors	58
Susanne Grödl	

impressum

Herausgeberin

Dr. Margareta Dellert-Ritter

Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Rudi Winzenbacher

Dr. Wolfram Seitz

Dr. Tobias Bader

Zweckverband Landeswasserversorgung Langenau

Redaktion

Anna Bieber

Dr. Wolfram Seitz

Dr. Margareta Dellert-Ritter

Kontakt

Dr. Margareta Dellert-Ritter

Theresienstraße 3 | 63741 Aschaffenburg

dellert-ritter@web.de

Einzelheft Euro 8,80 zzgl. MwSt. und Porto

Urheberrecht

Die Publikation und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Eine Verwertung gleich welcher Art außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers unzulässig. Namentlich gekennzeichnete Beiträge stehen in der Verantwortung der Autoren. Meldungen über technische Neuheiten und Beschreibungen von Geräten, Bauteilen und Substanzen basieren auf den Angaben der Herstellerfirmen. Genannte Bezeichnungen und Namen können Marken oder eingetragene Warenzeichen sein. Die Redaktion behält sich Kürzungen vor.

Für unaufgefordert übersandte Manuskripte und Photos wird keine Gewähr übernommen.

Bildnachweise

R. Ritter | S. Bieber

Geräteabbildungen | jeweilige Herstellerfirmen

Zweckverband Landeswasserversorgung Langenau

Titelbild | Landeswasserversorgung

Herstellung | Druck

A&P Agentur | Bergstr. 7 | 63814 Mainaschaff

Kuthal print & binding GmbH

Johann-Dahlem-Straße 54 | 63814 Mainaschaff



SCIEX 7500+ system

Setting a new standard
for instrument resilience

The SCIEX 7500+ system is a triple quadrupole engineered to maintain the highest level of sensitivity for up to twice as long, even in complex matrices.

Learn more



ZenoTOF 8600 system

Extraordinary discoveries
demand extraordinary proof

The ZenoTOF 8600 system delivers new levels of sensitivity, combined with the versatility of EAD and Zeno-trap enabled workflows.

Learn more



Learn more



SCIEX OS software

Software to power your
SCIEX ecosystem

SCIEX OS software delivers data integrity, seamless usability and efficiency gains for your mass spectrometry workflows throughout your laboratory.

Chemie im Fluss

Analytik deckt Industrie-Einleitungen in die Donau auf

Dr. Tobias Bader | Dr. Wolfram Seitz | Dr. Rudi Winzenbacher

Die Landeswasserversorgung (LW) überwacht seit Jahrzehnten das Donauwasser mithilfe modernster Analytik auf organische Spurenstoffe wie Arzneimittel und Industriechemikalien. Durch ein eigenes Bewertungssystem und gezielte Messkampagnen konnten kritische Stoffe identifiziert, lokale Belastungsspitzen aufgedeckt und industrielle Einleiter erfolgreich zurückverfolgt werden.

Das Flusswasser aus der Donau ist seit mehr als 50 Jahren eine wichtige Ressource für die LW. Da Fließgewässer dynamische Systeme sind, unterliegen sie kurzfristigen Veränderungen in Wassermenge und -qualität. Dies stellt eine große Herausforderung für die Trinkwasseraufbereitung einschließlich Qualitätssicherung dar.

Die Überwachung der Wasserqualität umfasst heute ein breites Spektrum mikrobiologischer und chemisch-physikalischer Parameter. Ein besonderer Schwerpunkt liegt seit vielen Jahren auf der Analytik von Spurenstoffen wie Arznei- und Pflanzenschutzmittelwirkstoffen sowie Haushalts- und Industriechemikalien. Neben der zielgerichteten Target-Analytik werden Screeningmethoden eingesetzt, um die Spurenstoffe in der Breite besser zu erfassen [1]. Für die Verbesserung der Rohwasserqualität ist die Aufklärung der Ursache für Verschmutzungen wichtig. Zu diesem Zweck werden Sondermessprogramme im Einzugsgebiet durchgeführt. Der vorliegende Beitrag gibt Einblick in die Prozesse Priorisierung kritischer Wasserinhaltsstoffe und Fahnung nach Herkunftsquellen im Einzugsgebiet.

Substanzpriorisierung aus Target-Analysen

Die LW-Messprogramme umfassen mehr als 400 Spurenstoffe, die in verschiedenen Wässern analysiert werden. Zur Priorisierung der wichtigsten Spurenstoffe wurde zunächst ein Scoring-System entwickelt, das unterschiedliche Bewertungsansätze kombiniert:

- a) Häufigkeit des Auftretens (Positivrate)
- b) Abstand zum Trinkwasserschwellenwert
- c) Internationale Forderungen (Fließgewässermemorandum [2])

d) Ökotoxikologische Relevanz

e) Wirksamkeit der Aufbereitung (Ozonung/Aktivkohlefiltration)

f) Politische Kommunikationsrelevanz

Besonders maßgeblich für den Gesamtscore sind die Trinkwasserschwellenwerte, die auch zur Bewertung der Rohwässer herangezogen wurden. Die politische Kommunikationsrelevanz wiederum trägt nur bei einer kleinen Auswahl von Stoffen, beispielsweise poly- und perfluorierte Alkylverbindungen (PFAS), zum Scoring bei. Auf Basis des Scorings konnten die im Donauwasser vorkommenden Stoffe dann gerankt werden (Tab. 1).

Beim Maximalwert von Sulfamidsäure im Trinkwasser ist eine Überschreitung des Schwellenwertes von 10 µg/L gemäß Minimierungsgebot zu verzeichnen. Aufgrund des humantoxikologischen Leitwerts von 2 mg/L besteht zwar keine Gefahr für die menschliche Gesundheit, einer weiteren Anreicherung in Gewässern sollte jedoch entgegengewirkt werden. Die LW beteiligt sich an den Diskussionen zur Substitution des Stoffs im Rahmen des „Runden Tisches Sulfamidsäure“.

Die Befunde von Pflanzenschutzmitteln (Glyphosat, Metolachlor) und deren Metaboliten (AMPA) weisen auf die landwirtschaftliche Beeinflussung des Donauwassers hin. Dass das Bild allerdings komplexer ist, zeigen neue Studien der Universität Tübingen, wonach Glyphosat und AMPA auch aus Waschmitteln in Kläranlagen gebildet werden können [3]. Diese Emissionen sind also nicht ausschließlich der Landwirtschaft anzulasten. Metolachlor, ein beim Maisanbau eingesetztes Herbizid, ist hingegen eindeutig auf landwirtschaftliche Beeinflussung zurückzuführen. Die EU-Zulassung für diesen Stoff ist bereits abgelaufen, weshalb kein politischer Handlungsbedarf besteht.

Tab. 1: Donauliste priorisierter Stoffe

Bezeichnung	Stoffklasse	Maximalkonzentration in µg/L		Trinkwasser-Schwellenwert in µg/L
		Donau	Trinkwasser	
Sulfamidsäure	I+H	420	120	10 ^D
Melamin	I+H	1,7	0,40	10 ^D
Guanylharnstoff	AZM-Metabolit	1,3	< 0,025	1 ^B
Iomeprol	AZM	0,91	0,11	0,1 ^C
Metformin	AZM	0,62	0,27	1 ^B
Oxipurinol	AZM-Metabolit	0,59	< 0,025	0,3 ^B
AMPA	PSM-Metabolit	0,54	< 0,020	0,1 ^C
Sulfamethoxazol	AZM	0,48	< 0,025	0,1 ^C
4-Formylaminoantipyrin	AZM-Metabolit	0,22	< 0,025	0,1 ^C
Tetraacetylenhendiämin	I+H	0,20	< 0,025	0,1 ^C
4-Methyl-1H-benzotriazol	I+H	0,18	< 0,010	0,1 ^C
Carboxy-Aciclovir	AZM-Metabolit	0,17	< 0,025	0,1 ^C
Diclofenac	AZM	0,16	< 0,025	0,3 ^B
4-Acetamidoantipyrin	AZM-Metabolit	0,14	< 0,025	0,1 ^C
Amidotrizoesäure	AZM	0,13	0,06	1 ^B
Metolachlor	PSM	0,10	< 0,020	0,1 ^A
Glyphosat	PSM	0,09	< 0,020	0,1 ^A

I+H: Industrie- und Haushaltschemikalien, AZM: Arzneimittel, PSM: Pflanzenschutzmittel

A: Grenzwert nach Trinkwasserverordnung, B: vorgebasierter Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW), C: vorsorglicher GOW von 0,1 µg/L als erste Bewertungsbasis, D: gesundheitliche Leitwerte höher, dennoch empfiehlt das UBA im Hinblick auf das Minimierungsgebot eine Konzentration von 10 µg/L oder weniger anzustreben

Datengrundlage: Zeitraum 2017 – 2021, Messstellen: Donau, Leipheim und Trinkwasser Wasserwerk Langenau, Sortierung nach absteigender Maximalkonzentration im Donauwasser.

Beim Röntgenkontrastmittel Iomeprol wurde der vorsorgliche Gesundheitliche Orientierungswert von 0,1 µg/L mit einer Maximalkonzentration von 0,11 µg/L einmalig knapp überschritten. Obwohl das UBA diese Konzentration im Trinkwasser als unbedenklich einstuft, sollten Emissionen solcher persistenten Stoffe vermieden werden. In einem Forschungsprojekt wurde das Sammeln von Patientenerin unmittelbar nach der Anwendung als eine verhältnismäßig günstige Maßnahme beschrieben [4].

Tetraacetylenhendiämin ist ein Bleichmittelaktivator in Waschmitteln, während 4-Methyl-1-H-benzotriazol als Korrosionsschutzmittel unter anderem in der metallverarbeitenden Industrie zum Einsatz kommt. Beide Stoffe verdeutlichen, wie wichtig die Kontrolle von Industriechemikalien neben der Überwachung von Arznei- und Pflanzenschutzmitteln ist.

Im Falle von Melamin sowie von den Arzneimitteln bzw. deren Metaboliten sollte die Herkunft eingegrenzt werden. Hierzu wurden einerseits die Donauzuflüsse mittels Screening-Methoden untersucht und andererseits die Landratsämter direkt kontaktiert.

Quellensuche mittels Non-Target-Screening

Gemäß dem Verursacherprinzip sollten Spurenstoffemissionen bereits an der Quelle vermieden werden. Die Suche nach möglichen Emissionsquellen wurde hier auf Basis der Non-Target-Daten durchgeführt, indem gezielt nach Anomalien bzw. starken Veränderungen über verschiedene Orte und Zeiten gesucht wurde. Das große Einzugsgebiet der Donau und der Iller (Abb. 1) sowie die dynamischen Veränderungen der Flusswasserqualität machen das Fahndungsgeschehen dabei durchaus komplex.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts K2I (Förderkennzeichen 02WDG1593B) wurden mehr als 200 Proben aus der Donau und ihren größeren Zuflüssen um Ulm untersucht. Insgesamt wurden acht Orte über einen Zeitraum von einem Jahr beprobt (Abb. 2).

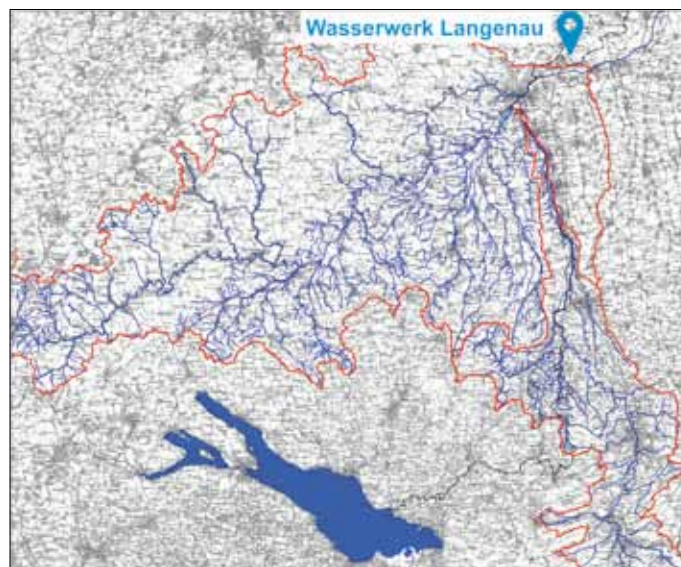


Abb. 1: Einzugsgebiet der Donau und Iller oberstromig der LW-Entnahmestelle bei Leipheim



Abb. 2: Schematische Karte: Orte der Probennahme an Donau und Zuflüssen

Anhand ausgewählter Beispielstoffe wird im Folgenden die örtliche bzw. zeitliche Belastung der Oberflächengewässer beschrieben und, sofern zutreffend, die ergriffenen Maßnahmen diskutiert.

a) Arzneimittel Metoprolol

Bei dem Betablocker Metoprolol sind sowohl zeitliche als auch örtliche Anomalien festzustellen (Abb. 3). Der diskontinuierliche zeitliche Verlauf mit klaren Konzentrationsspitzen deutet auf eine Batch-Produktion hin, wie sie in der pharmazeutischen Industrie Standard ist [5]. Ein Blick auf die örtliche Verteilung zeigt eine Emissionsquelle an der Blau. Weitere Untersuchungen erhärteten den Verdacht und zeigten, dass ein Pharmaunternehmen für die teils hohen Arzneimittelkonzentrationen in der Blau verantwortlich ist. Auch weitere Arzneimittel der priorisierten Donaustoffe (Tab.1) konnten auf denselben Emittenten zurückgeführt werden.

Durch gemeinsame Gespräche mit dem zuständigen Landratsamt und dem Emittenten konnten emissionsreduzierende Sofortmaßnahmen eingeleitet werden. Eine großtechnische Reinigungsanlage zur Behandlung der Abwässer an der Quelle soll 2026 in Betrieb gehen, weshalb hier von einem deutlichen Rückgang der Arzneimittelkonzentrationen im Oberflächengewässer auszugehen ist.

b) Industriechemikalie Melamin

Auch für Melamin konnte eine Anomalie in der Blau erkannt werden, die im Zeitprofil auf diskontinuierliche Einträge hindeutet (Abb. 4). Die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) hat Melamin im Januar 2023 auf die Liste der besonders besorgniserregenden Stoffe gesetzt. Da Melamin bei der Aufbereitung nicht vollständig entfernt werden kann und Spuren davon bis ins Trinkwasser nachweisbar sind (Tab. 1), wurden auch hier die Behörden informiert. Mithilfe der gewerblichen Abwasserdaten konnte ein Unternehmen identifiziert werden, das Melaminharzbeschichtungen verarbeitet und das Ab-

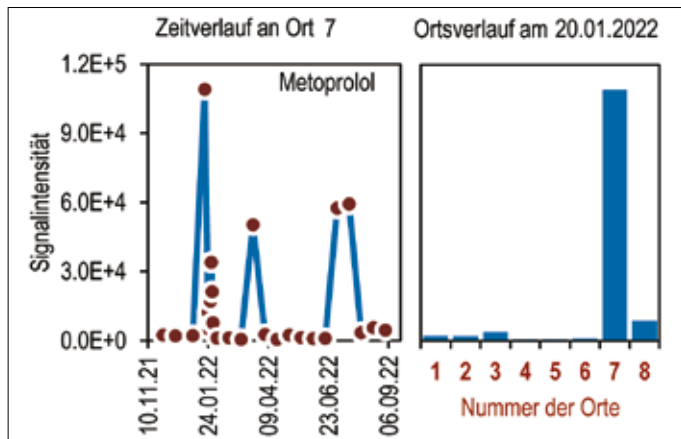


Abb. 3: Zeitverlauf (links) und Ortsverlauf (rechts) des Arzneimittels Metoprolol. Ortsnummern nach Abbildung 2.

wasser über eine Kläranlage in die Blau einleitet. Abwasseranalysen bestätigten die Quelle. Das zuständige Landratsamt wirkt auf emissionsreduzierende Maßnahmen hin.

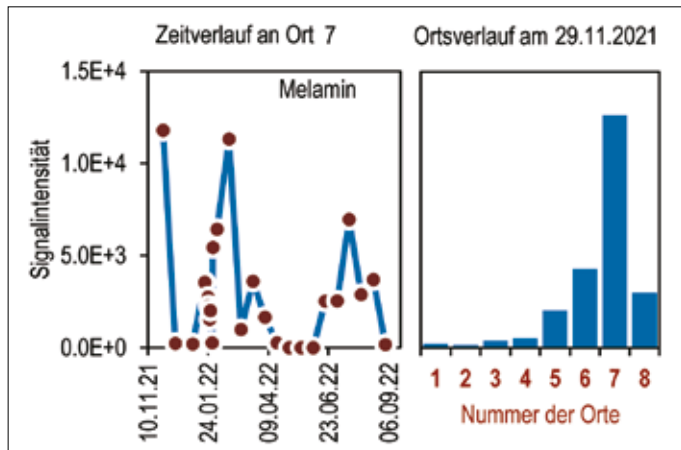


Abb. 4: Zeitverlauf (links) und Ortsverlauf (rechts) der Industriechemikalie Melamin. Ortsnummern nach Abbildung 2.

c) Pflanzenschutzmittel Flufenacet

Für das Pflanzenschutzmittel Flufenacet konnte eine Anomalie in der Riß festgestellt werden. Dies kann einerseits darauf zurückzuführen sein, dass die Riß in der Umgebung der Probenahmestelle sehr landwirtschaftlich geprägt ist, andererseits, dass die Riß einen vergleichsweise kleinen Donauzufluss darstellt. Das Phänomen höherer Pestizidkonzentrationen in kleinen Flüssen und Bächen (wenig Verdünnung) wurde bereits ausführlich untersucht [6]. Aufgrund der hormonellen Wirkung des Stoffs sowie weiterer Umweltrisiken – unter anderem die Bildung des Abbauprodukts Trifluoressigsäure (TFA) – wurde die Zulassung von Flufenacet von der EU-Kommission nicht verlängert.

Fazit und Ausblick

Die Schattenseiten unseres modernen Lebensstils zeigen sich auch in Form eines Chemikaliencocktails in unseren Oberflächengewässern. Zwar sind die meisten dieser Stoffe im Trinkwasser dank Aufbereitung und Verdünnung nicht mehr nachweisbar, doch Ausnahmen verdeutlichen die Anfälligkeit des Wasserkreislaufs – und den damit verbundenen Handlungsbedarf. Ohne gezielte Maßnahmen zur Einschränkung der Anwendung sowie zur Vermeidung von Emissionen an der Quelle ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich persistente Substanzen im Wasserkreislauf zum Problem anreichern. Dies würde mittelfristig aufwendigere und kostspieligere Aufbereitungsverfahren zur Trinkwassergewinnung erforderlich machen. Die in diesem Beitrag vorgestellten Ansätze zur Identifizierung von Eintragsquellen kritischer Stoffe sollten verstärkt in der Praxis Anwendung finden –

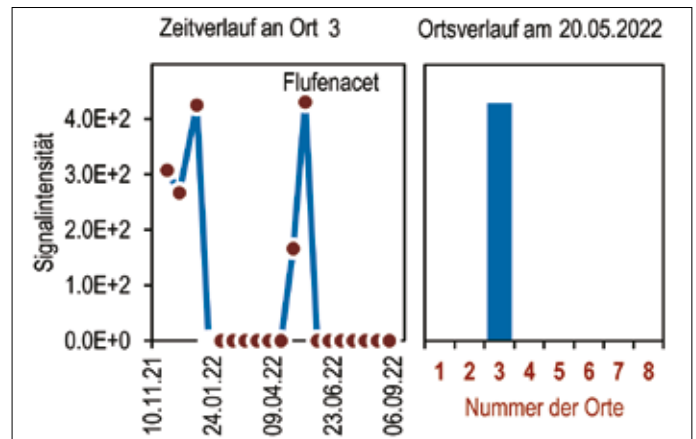


Abb. 5: Zeitverlauf (links) und Ortsverlauf (rechts) der Pflanzenschutzmittels Flufenacet. Ortsnummern nach Abbildung 2.

auch im Rahmen der behördlichen Gewässerüberwachung. Bereits im überschaubaren Einzugsgebiet konnten spürbare Fortschritte im Gewässerschutz erzielt werden. Eine deutschlandweite Ausweitung wird aktuell im Rahmen eines DVGW-Forschungsprojekts K2I-Xplore (W 202408) unter Koordination der LW und in Zusammenarbeit mit weiteren Wasserversorgern realisiert. Bei der Donauüberwachung geht die LW nun noch einen Schritt weiter. Die Screening-Analytik wird aktuell direkt an der Donau als nahezu Echtzeitüberwachung erprobt, mit Zeitspanne zwischen Probenahme und Ergebnis unter einer Stunde! Selbst bei kurzzeitigen Belastungsspitzen wird so eine gezielte Probenahme zur Aufklärung von Eintragsquellen möglich – genau dann, wenn es darauf ankommt!

Literatur

- [1] T. Bader, W. Schulz, T. Lucke, W. Seitz, R. Winzenbacher (2016): Application of Non-Target Analysis with LC-HRMS for the Monitoring of Raw and Potable Water: Strategy and Results, Assessing transformation products of chemicals by non-target and suspect screening – strategies and workflows volume 2, Vol. 1242, 49-70.
- [2] Europäisches Fließgewässermemorandum zur qualitativen Sicherung der Trinkwassergewinnung (2020), ISBN/EAN: 978-90-6683-177-3.
- [3] L. Engelbart, S. Bieger, K. Thompson, L. Fischer, T. Bader, M. Kramer, S. B. Haderlein, A.M. Röhnehl, P.R. Martin, D. Buchner, R. Bloch, H. Rügner, C. Huhn (2025): In-situ formation of glyphosate and AMPA in activated sludge from phosphonates used as antiscalants and bleach stabilizers in households and industry, Water Research, 280, 123464.
- [4] DBU-Abschlussbericht, Minderung des Eintrags von Röntgenkontrastmitteln im Einzugsgebiet der Ruhr – Phase 1 (2018), DBU-Aktenzeichen 33333/01-23.
- [5] S. Anliker, M. Loos, R. Cornte, M. Ruff, K. Fenner, H. Singer (2020): Assessing Emissions from Pharmaceutical Manufacturing Based on Temporal High-Resolution Mass Spectrometry Data, Environmental Science & Technology, 54(7), 4110-4120.
- [6] M. Liess et al. (2021): Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams, Water Research, 1:201:117262.



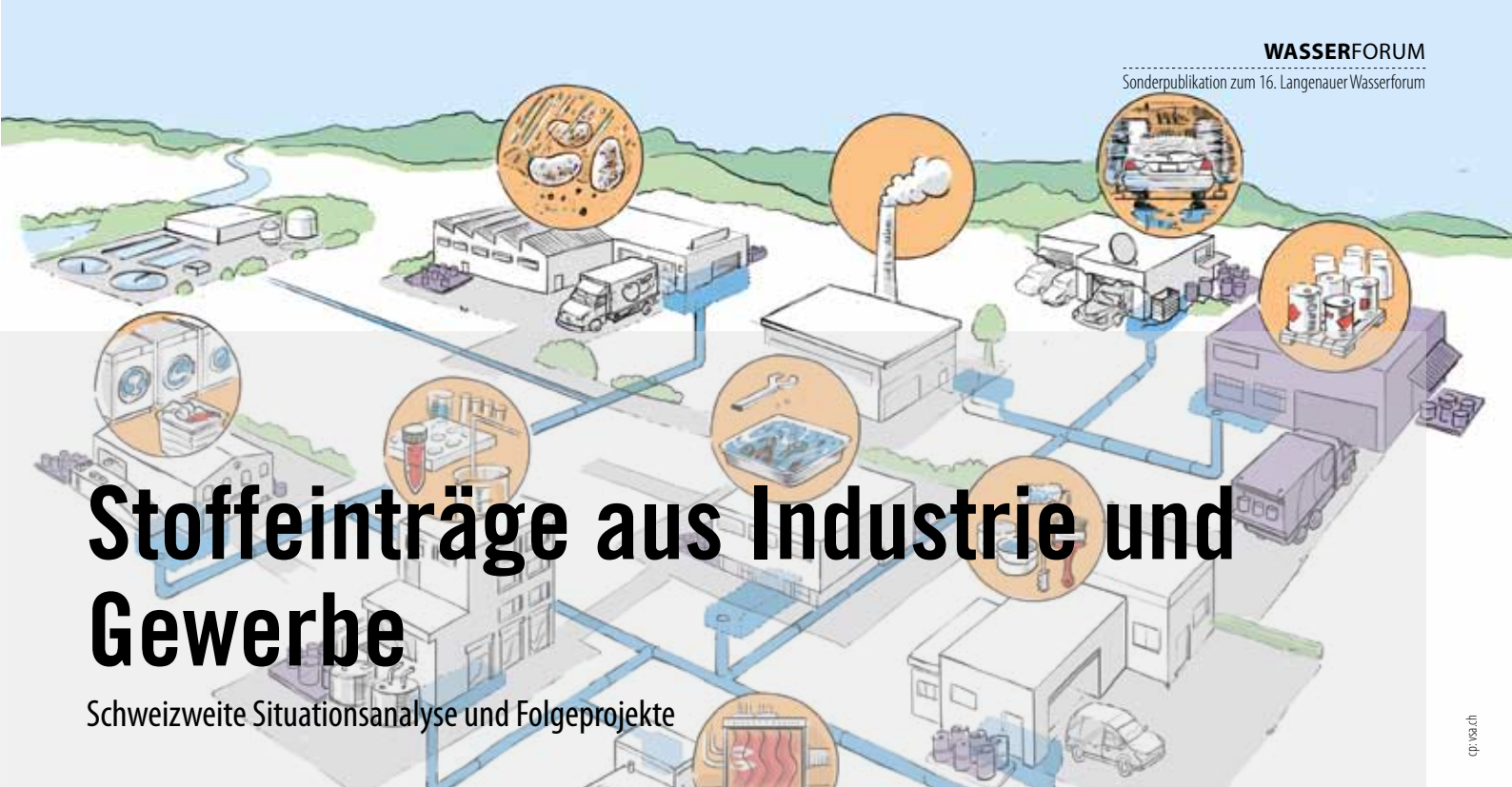
Autoren | Kontakt

Dr. Tobias Bader | Dr. Wolfram Seitz | Dr. Rudi Winzenbacher

Zweckverband Landeswasserversorgung

Betriebs- und Forschungslabor

Am Spitzigen Berg 1 | 89129 Langenau | www.lw-online.de



Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe

Schweizweite Situationsanalyse und Folgeprojekte

Dr. Rebekka Gulde | Fabienne Eugster | Dr. Pascal Wunderlin | Dr. Saskia Zimmermann-Steffens

Eine schweizweite Situationsanalyse identifizierte die relevanten Industrie-Branchen und Prozesse, durch die Mikroverunreinigungen in die Gewässer gelangen. In Folgeprojekten werden (neu entwickelte) Methoden eingesetzt, um Stoffe im Abwasser bzw. das Industrieabwasser selbst zu charakterisieren.

Mikroverunreinigungen

Mikroverunreinigungen sind organisch-synthetische Stoffe, die unsere Gewässer belasten. Neben Haushalten und Landwirtschaft stellen auch industrielle und gewerbliche Aktivitäten Eintragsquellen dar, siehe Abbildung 1. Um eine schweizweite Übersicht über die Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe zu bekommen, führten der Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (VSA) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) gemeinsam mit weiteren Experten eine Situationsanalyse durch (Wunderlin & Gulde, 2022).

Bekannte Stoffeinträge zeigen punktuellen Handlungsbedarf – eine schweizweite Übersicht fehlt

Dank moderner Produktionsprozesse und Abwasserbehandlung haben Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe, z.B. von Schwermetallen, seit den 1960er Jahren stark abgenommen. Dennoch gelangen weiterhin Mikroverunreinigungen mit gereinigtem Betriebsabwasser in die Gewässer. Dies sind Chemikalien, die Betriebe herstellen, verarbeiten, einsetzen oder entsorgen. Es können aber auch Neben- und Umwandlungsprodukte sein. Messungen, z. B. an der Rheinüberwachungsstation in Weil bei Basel, zeigen stossweise oder kontinuierliche Einleitungen teils in beträchtlichen Frachten, siehe Abbildung 2. Gemessen wurden auch Stoffe mit ökotoxischer Wirkung (z.B. die Biozide Diuron, Carbendazim). Solche Stoffe können bereits in kleinsten Konzentrationen negative Effekte auf die Wasserlebewesen entfalten. Mobile und schwer abbaubare Stoffe können sich entlang eines Fließgewässers aufsummieren und bis in die Trinkwasserressourcen gelangen. Mit dem gereinigten Betriebsabwasser gelangen auch viele unbekannte Stoffe in die Gewässer (Anliker et al., 2020a).

Der Grossteil der bekannten industriell-gewerblichen Stoffeinträge ist auf die chemisch-pharmazeutische Industrie zurückzuführen. Hier ist die Quellenzuordnung oft einfacher, weil diese Betriebe grosse Mengen verarbeiten und ihre Abwässer gezielt auf solche Stoffe überwachen. Bei solchen Stoffbefunden war und ist das Zusammenspiel aus Messung, Quellenidentifikation, Behörde und Betrieb erfolgreich. Für viele andere Branchen fehlen jedoch systematische Messungen und damit eine belastbare Datengrundlage.

Herausforderungen im Vollzug

Der Vollzug gestaltet sich für Mikroverunreinigungen schwierig, da keine einheitlichen, stoffspezifischen Einleitwerte existieren. Anforderungen sind situationsspezifisch durch die Behörde festzulegen, was in der Praxis in Einzelfällen umgesetzt wird. Um den Schutz der Gewässer zu verbessern, braucht es mehr Wissen über relevante Mikroverunreinigungen und einheitliche Bewertungsgrundlagen.

Priorisierte Branchen und Prozesse

In der Schweiz gibt es viele Betriebe mit Industrieabwasseranfall. Fast alle leiten ihr Abwasser auf eine kommunale ARA, wenige behandeln ihr Abwasser in einer betriebseigenen ARA. In den meisten Betrieben, v.a. ausserhalb der chemisch-pharmazeutischen Industrie, fehlt das Wissen über Einzelstoffe. Oft steht die Funktion des Produktes im Fokus und nicht deren Inhaltsstoffe. Viele Einzelstoffe sind auch nicht auf den Produktdatenblätter deklariert, da sie unterhalb des Schwellenwertes der Deklaration liegen. Die meisten Betriebe überwachen nur klassische Parameter wie Schwermetalle und richten ihre Abwasserbehandlung darauf aus, nicht aber auf Mikroverunreinigungen.

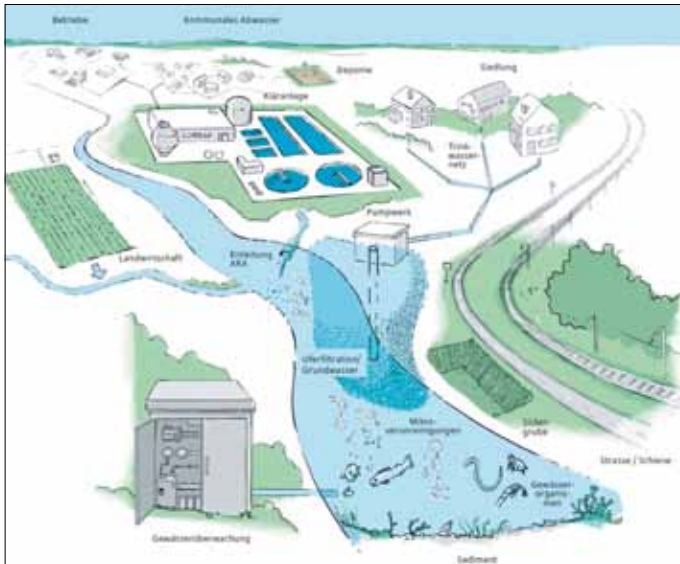


Abb. 1: Übersicht über Eintragsquellen von Mikroverunreinigungen in die Gewässer

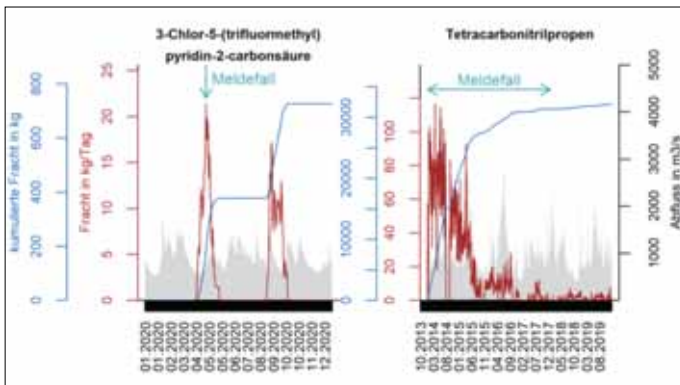


Abb. 2: Beispiele von Stoffeinleitungen in den Rhein gemessen an der RÜS (Daten vom Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt).



Abb. 3: Übersicht über die priorisierten Branchen und Prozesse.

Die Situationsanalyse identifizierte folgende Branchen und Prozesse als relevant für den Eintrag von Mikroverunreinigungen in die Gewässer (geordnet nach ansteigender Anzahl Betriebe in der Schweiz), siehe auch Abbildung 3:

Chemisch-physikalische Behandlung von flüssigen Sonderabfällen

Chemisch-pharmazeutische Industrie

Metalloberflächenbehandlung und Galvanik

Herstellung und Verarbeitung von Lebensmitteln

Weitere relevante Bereiche sind Wäschereien, das Auto- und Transportgewerbe, das Malergewerbe sowie branchenübergreifend Kühl- und Heizprozesse.

Folgeprojekte

Mikroverunreinigungen müssen stärker berücksichtigt werden, stellen Vollzug und Betriebe aber vor grosse Herausforderungen. Deshalb hat der VSA zusammen mit dem BAFU, der Eawag, der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), den kantonalen Behörden und der Industrie Projekte lanciert und bearbeitet. Folgende anwendungsorientierte Vorgehensweisen unterstützen die Behörden und Betriebe bei der Identifizierung, Beurteilung und Priorisierung von Mikroverunreinigungen:

Zeiteffizienter, repräsentativer Abbautest entwickelt.

Um dem Abbau von Industrieabwässer unter möglichst realen Kläranlagenbedingungen zu simulieren, entwickelte die FHNW in Zusammenarbeit mit der Industrie den sogenannten „alternativen inhärenten Abbaustest“ (AIA). Die Testdauer konnte im Vergleich zum Zahn-Wellens-Test von bis zu 28 Tagen auf drei bis sieben Tage deutlich verkürzt werden (Schäfer et al. (2023)).

Biotest-Batterie hilft, Industrieabwasser zu charakterisieren.

Das sogenannte ABIScreen-Untersuchungskonzept der FHNW kombiniert den vorangehend genannten AIA-Test mit einer Biotest-Batterie. ABIScreen steht für Abbautest Biotest Industrieabwasser Screening (Klaus et al. (2023)).

Konzept zur theoretischen Stoffbeurteilung.

Der VSA entwickelte ein Konzept, um potenziell problematische Stoffe für das Gewässer zu identifizieren, u.a. anhand ihrer biologischen Abbaubarkeit und ihrer Toxizität. Solche relevanten Stoffe benötigen je nach Situation Anforderungen an die Einleitung.

Branchenweise Stoffübersicht erarbeiten und Stand der Technik systematisch erheben.

Grundsätzlich müssen Betriebsabwässer nach dem aktuellen Stand der Technik behandelt werden. Der VSA identifiziert branchenweise die relevanten, organisch-synthetischen Stoffe. Er erhebt, wie gut diese durch den Stand der Technik zurückgehalten werden oder ob zusätzliche Anforderungen notwendig sind. Diese Projekte laufen in enger Zusammenarbeit mit der jeweiligen Branche und die Ergebnisse fliessen in die vollzugsrelevanten VSA-Leitfäden und Merkblätter ein.

Messkampagne bei synthetisierenden Chemie-/Pharmabetrieben.

Die Eawag untersuchte mittels chemischer Non-Target-Analytik die stark variierende Dynamik der Stoffeinträge von sieben synthetisierenden Chemie- und Pharmabetrieben. Dabei stellten sie fest, daß die industriellen Stoffe in hoher Vielfalt und in hohen Konzentrationen auftreten, die durch geeignete Abwasser-Vorbehandlungsanlagen signifikant gesenkt werden können (Bosshard et al. (2024a)).

Messkampagne bei formulierenden Pharmabetrieben.

Die Eawag erfasste mittels chemischer Target-Analytik die Einträge von Arzneimittelwirkstoffen in den Abwässern von neun formulierenden Pharmabetrieben. Diese setzte sie in Relation zur jeweiligen betrieblichen Abwasservorbehandlung (Bossard et al. (2024b)).

Messkampagne bei einem Sonderabfallverwertenden Betrieb.

Die Eawag führte mittels chemischer Non-Target-Messungen eine Machbarkeitsstudie durch im Abwasser eines Betriebs, der flüssige Sonderabfälle chemisch-physikalisch behandelt. Für Messkampagnen bei Betrieben dieser Branche sind Informationen zu möglichen Abwasserinhaltsstoffen von Vorteil.

Stoffübersicht und Messkampagne bei ausgewählten Betrieben im Bereich Metalloberflächenbehandlung/Galvanik.

Der VSA erarbeitet gemeinsam mit der Branche eine Übersicht über die eingesetzten organisch-synthetischen Zusatzstoffe und bewertete diese theoretisch. Nach einer erfolgreichen analytischen Machbarkeitsstudie in einem weitverbreiteten Oberflächenbehandlungsprozess (Ratschiller (2024)), läuft derzeit eine Schweizweite Messkampagne. Diese Studie geht der Frage nach, wie gut die nach aktuellem Stand der Technik vorbehandelten Betriebsabwässer die enthaltenen Mikroverunreinigungen eliminieren. Dies wird mittels chemischer Target- und Non-Target-Analytik sowie mittels Biotests vor und nach einem simulierten Abbau durch die Kläranlage mittels

AIA-Tests erhoben. Diese Vorgehensweise wenden wir aktuell auch bei milch-verarbeitenden Betrieben an.

Mikroverunreinigungen aus Gesundheitsbetrieben:

Gesetzlich werden Abwässer aus Gesundheitsbetriebe wie Industrieabwässer gehandhabt. Derzeit erarbeitet der VSA eine Situationsanalyse zu Einträgen von Mikroverunreinigungen aus Gesundheitsbetrieben in die Gewässer. Parallel dazu wird der Stand der Technik dokumentiert und ein Pilotprojekt zur Minimierung von Kontrastmittel-Einträgen durch die Verwendung von Urinsammelbeuteln lanciert.

Stoffübersicht für gängige Heiz- und Kühlsysteme. Für die gängigen Heiz- und Kühlsysteme erarbeiteten wir eine Übersicht über die in diesen Systemen eingesetzten Konditioniermittel. Zudem klassierten wir diese Stoffe theoretisch (Eugster et al. (2024)). In einem nächsten Schritt werden wir erheben, wie gut der aktuelle Stand der Technik diese Stoffe zurückhält.

- [1] Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt. Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS). <https://www.aue.bs.ch/umweltanalytik/rheinueberwachungsstation-weil-am-rhein.html> [30.8.2022].
- [2] Bosshard, J., Fenner, K., Singer, H., Anliker, S., Gulde, R. (2024a) Abwasser aus chemisch-pharmazeutischen Synthesebetrieben – Charakterisierung der Stoffeinträge in Gewässer. Aqua & Gas N°3. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zu-abwasser-aus-chemisch-pharmazeutischen-synthesebetrieben/?media_filter_one=industrie-gewerbe [21.10.2025]. Zugehörige 3 wissenschaftliche Publikationen unter: 1) <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07085>, 2) <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.0c05178>, 3) <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118221>
- [3] Bosshard, J., Eugster, F., Gulde, R., Singer, H. (2024b) Abwasser aus der Formulierung von Arzneimitteln – Wirkstoffeinträge in Schweizer Gewässer. Aqua & Gas N°3. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zu-abwasser-aus-der-formulierung-von-arzneimitteln/?media_filter_one=industrie-gewerbe [21.10.2025]
- [4] Eugster, F., Gulde, R. und Wunderlin, P. (2024). Mikroverunreinigungen in Abwässern von Kühl- und Heizprozessen. Aqua & Gas N°3. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zu-kuehl-und-heizprozesse/?media_filter_one=industrie-gewerbe [21.10.2025]
- [5] Klaus, X., Furler, N., Saladin, Y., Eugster, F., Gulde, R., Langer, M. (2023). ABIScreen – Kennen Sie Ihr Abwasser? Aqua & Gas N°4. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zu-abiscreen/?media_filter_two=berichte-artikel https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zum-aia/?media_filter_two=berichte-artikel [18.12.2023].
- [6] Ratschiller, R. (2024). Galvanikprozess Nickel-Glanz: Aktueller Wissensstand und Machbarkeitsstudie zur Messung der Stoffeinträge in die Gewässer. Masterthesis, Universität Koblenz. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/galvanikprozess-nickel-glanz/?media_filter_one=industrie-gewerbe [21.10.2025]
- [7] Schäfer, R., Dönni, A., Thomann, M., Gulde, R., Eugster, F., Joss, A. und Piazzoli, A. (2023). Entwicklung des AIA-Tests. Aqua & Gas N°4. Verfügbar unter: https://micropoll.ch/Mediathek/aqua-gas-artikel-zum-aia/?media_filter_two=berichte-artikel [18.12.2023].
- [8] Wunderlin, P., Gulde R. (2022). Situationsanalyse «Stoffeinträge aus Industrie und Gewerbe in Gewässer». Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattpburg. https://micropoll.ch/wp-content/uploads/2022/04/20220404_Situationsanalyse_DE_Final.pdf [30.8.2022].
- [9] Autoren von wissenschaftlichen Studien, die in den Beitrag eingeflossen sind Heinz Singer, Michael Patrick, Julian Bosshard, Dr. Sabine Anliker; Prof. Dr. Miriam Langer, Xenia Klaus, Prof. Dr. Michael Thomann, Roman Schäfer; Roland Ratschiller



Autoren | Kontakt

Dr. Rebekka Gulde¹ | Fabienne Eugster¹ | Dr. Pascal Wunderlin¹ | Dr. Saskia Zimmermann-Steffens²

¹ VSA-Plattform „Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen“
 c/o Eawag | Überlandstrasse 133 | CH-8600 Dübendorf | www.vsa.ch

² Bundesamt für Umwelt BAFU
 Abteilung Wasser | Sektion Siedlungswasserwirtschaft
 Monbijoustrasse 40 | CH-3003 Bern



Sorgenfreie Wasseranalyse

150
 YEARS
 ANNIVERSARY

Die TOC-L Verbrennungsanalysatoren ermöglichen eine effiziente und präzise TOC-Analyse. Sie sind benutzerfreundlich, anpassungsfähig und zeitsparend. Zudem eignen sie sich für verschiedene Wasserproben, was Zuverlässigkeit und Sicherheit in jeder Anwendung gewährleistet.

Vertrauen bei jeder Messung

Genauigkeit von 4 ppb bis 30.000 ppm, unabhängig von der Matrix

Geringer Aufwand für Probenvorbereitung und Wartung

Eine automatisierte Probenvorbereitung sowie eine automatische Verdünnungsfunktion verringern den Aufwand für Wartung und Probenvorbereitung.

Einfache und benutzerfreundliche Bedienung

Virtuelle Wartungshilfen und die intuitive LabSolutions TOC Software vereinfachen die Laborabläufe.

www.shimadzu.de/fachartikel-toc.html

Mehr erfahren



Somatische Coliphagen als neuer Betriebsparameter der TrinkwV

Neue Erkenntnisse und Empfehlungen

Dr. Regine Fischeder

Die Untersuchung des Rohwassers auf somatische Coliphagen ermöglicht, zusätzlich zur Untersuchung der bakteriellen Indikatoren, einen weiteren Einblick in die betriebliche Leistung auch hinsichtlich der Entfernung viraler Krankheitserreger.

Eigenschaften somatischer Coliphagen

Somatische Coliphagen sind Viren, die *Escherichia coli* und verwandte Bakterienstämme infizieren. Dabei heften sie sich zunächst an die Bakterienzellwand und schleusen ihr Erbgut in die Bakterienzelle ein. Die Zelle produziert nun Phagen, bis sie schließlich durch Lyse zerplatzt. Die neu gebildeten Bakteriophagen werden freigesetzt (je nach Stamm zwischen 20 und mehreren hundert Partikeln pro infizierter Zelle) und können weitere Bakterien infizieren. Sichtbar wird dies durch die Entstehung von „Löchern“ oder Plaques im Bakterienrasen auf einer Petrischale (s. Foto oben). Die Plaques werden gezählt und als plaque forming units (pfu)/100 ml angegeben. Die Untersuchung erfolgt gemäß DIN EN ISO 10705-2:2002-01 [1].

Da Coliphagen humanpathogenen Viren strukturell sehr ähnlich sein können und das Verhalten dieser Viren in der Umwelt besser widerspiegeln als bakterielle Indikatororganismen, stellen sie einen wichtigen Modellorganismus für die Überprüfung einer Aufbereitung hinsichtlich der Elimination viraler Krankheitserreger dar. Coliphagen stammen ebenfalls aus dem Gastrointestinaltrakt warmblütiger Tiere und sind selbst nicht pathogen.

Rechtliche Vorgaben zu somatischen Coliphagen Europäische Trinkwasserrichtlinie (EU-DWD)

In der EU-Trinkwasserrichtlinie 2020/2184 [2] wurde im Rahmen des risikobasierten Ansatzes ein neuer mikrobiologischer Betriebsparameter zur Untersuchung von Rohwasser aufgenommen: Somatische Coliphagen. Die Untersuchung dient zur Kontrolle der Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren zur Erfassung des Risikos durch fäkale virale Krankheitserreger. Die Umsetzung wurde dabei den Mitgliedsstaaten überlassen. Der Parameter

„Somatische Coliphagen“ dient dabei zur Verifizierung der Entfernungswirksamkeit für kleine Partikel im Größenbereich von Viren. Er ist dann zu bestimmen, wenn sich dies aus der Risikobewertung ergibt.

In Anhang II A heißt es: Werden die somatischen Phagen im Rohwasser in Konzentrationen > 50 PFU/100 ml nachgewiesen, sollten Analysen entlang der Aufbereitungsstufen erfolgen, damit die log-Reduktion durch die vorhandenen Barrieren bestimmt und bewertet werden kann. So soll ermittelt werden, ob das Risiko einer ungenügenden Elimination pathogener Viren ausreichend unter Kontrolle ist.

Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Die EU-Trinkwasserrichtlinie wurde mit der TrinkwV vom 20.6.2023 [3] in nationales Recht umgesetzt. Die TrinkwV benennt die somatischen Coliphagen als speziellen Indikatorparameter für das Auftreten bestimmter mikrobieller Gefährdungen und nicht wie die EU-DWD als reinen Betriebsparameter. Wenn der Referenzwert von 50 PFU/100 ml im Rohwasser überschritten wird, sind die Ursachen im Wassereinzugsgebiet zu ermitteln, die Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren sowie die Eliminationsleistung der einzelnen Aufbereitungsstufen zu bestimmen und im Hinblick auf virale Krankheitserreger zu bewerten (§ 36 TrinkwV).

Zu untersuchen ist das Rohwasser, „das aus einem Oberflächengewässer stammt, in jeder zu dieser Wasserversorgungsanlage gehörenden Wassergewinnungsanlage vor der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk auf den Indikatorparameter somatische Coliphagen zu untersuchen. Wird das Rohwasser aus mehreren Wassergewinnungsanlagen in einer gemeinsam

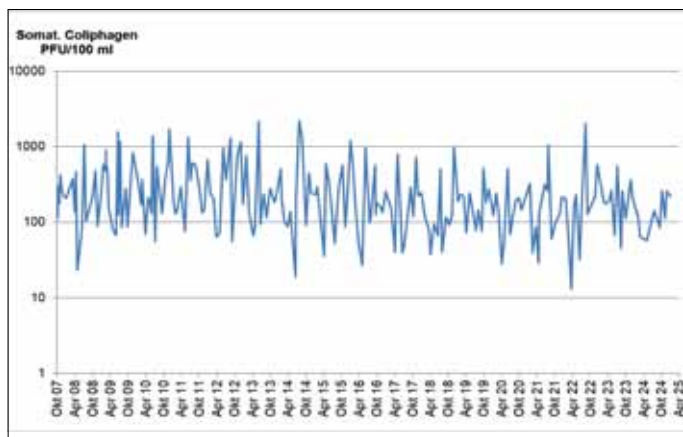


Abb. 1: Donaurohwasser LW, zeitlicher Verlauf, monatliche Untersuchungen im Rohwasser seit 2007

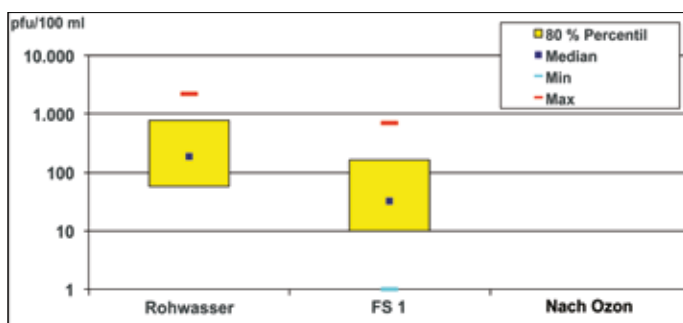


Abb. 2: Donaurohwasser LW, monatliche Untersuchungen im Rohwasser und nach Flockung/Sedimentation (FS1) seit 2007

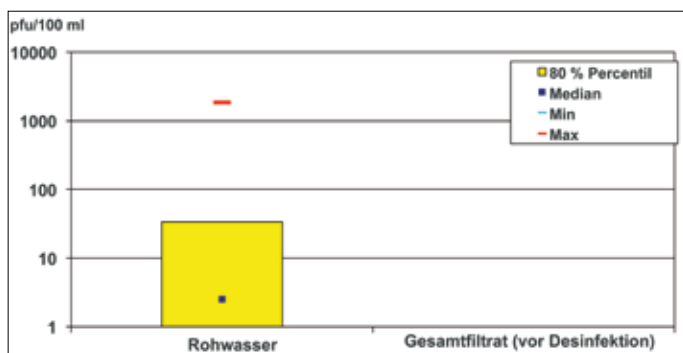


Abb. 3: Karstquellwasser Egauwasserwerk, monatliche Untersuchungen seit 2016

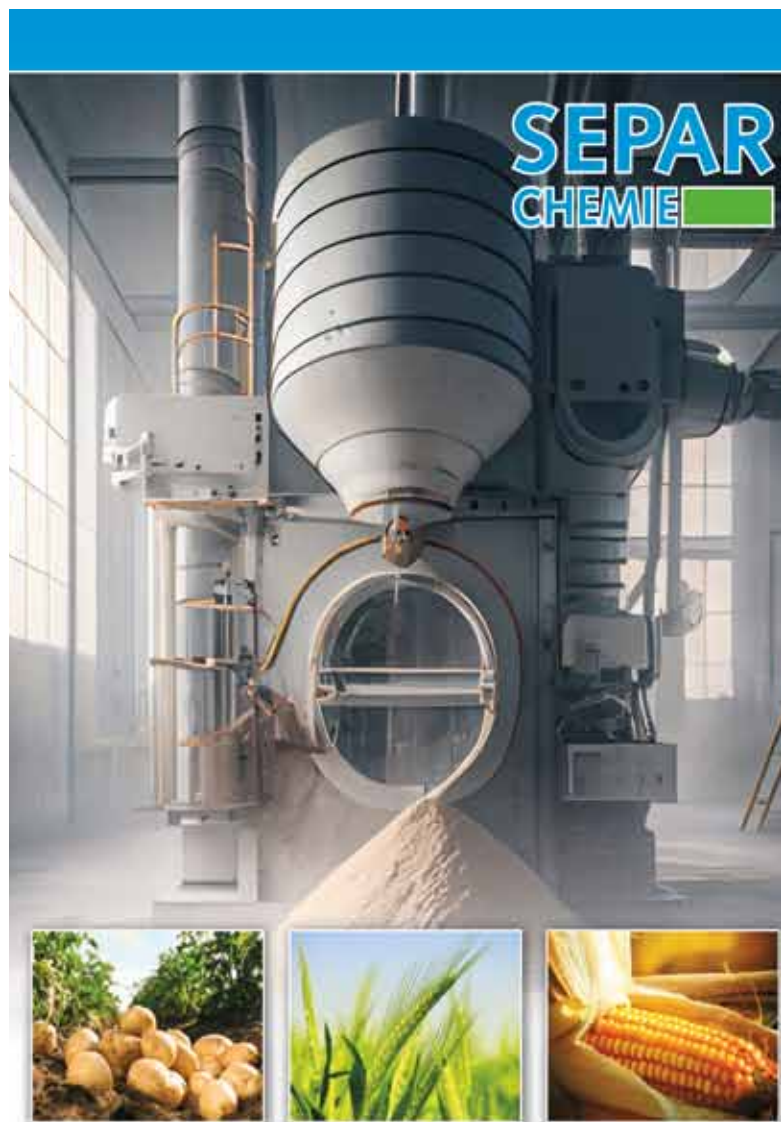
genutzten Sammelleitung der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk zugeführt, ist eine Untersuchung des Rohwassers in der Sammelleitung vor der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk ausreichend.“

Die Untersuchung umfasst vier repräsentative Untersuchungen im Abstand von jeweils etwa drei Monaten sowie mindestens zwei anlassbezogene Untersuchungen bei Starkregen, Trockenheit oder anderen außergewöhnlichen Wetterverhältnissen.

Erkenntnisse aus einem Forschungsprojekt

Um eine angemessene nationale Umsetzung der Anforderung zu somatischen Coliphagen zu prüfen, wurde am Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe das DVGW-Forschungsvorhaben W202012 [4] durchgeführt.

Durch die Untersuchung von vier Wasserversorgungen, die Flusswasser zur Trinkwasseraufbereitung nutzen, konnten Rohwässer mit unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in der ersten partikelentfernenden Stufe (in der Wasseraufbereitung bzw. im Untergrund) betrachtet werden. Diese Flusswässer sind in der Regel mikrobiell hoch belastet und weisen dementsprechend eine hohe Konzentration von somatischen Coliphagen auf.



SEPAR CHEMIE GmbH liefert Spezialchemikalien für zahlreiche Prozesse rund um die Wasseraufbereitung

■ Stärkebasierte Flockungsmittel

- Kationisch, anionisch, amphoter
- Flüssig- und Pulverkonzentrate

■ Produkte für die **Trinkwasseraufbereitung**

■ Maßgeschneiderte **Mischprodukte**

■ **Gebrauchsfertige Lösungen**

auch als nwg (nicht wassergefährdend)

SEPAR CHEMIE
GmbH

SIE GEHEN GERNE NEUE WEGE?
WIR AUCH!

**Besuchen Sie uns auf unserem Stand
des Langenauer Wasserforums 2025**

Die Untersuchung von Rohwässern mit Bodenpassage zeigte, dass somatische Coliphagen in den Rohwässern mit langen Aufenthaltszeiten ≥ 50 Tagen nicht mehr nachweisbar waren, bei kürzeren Aufenthaltszeiten dagegen schon.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt wurden in die DVGW-Information Wasser Nr. 120 [5] aufgenommen (in Arbeit).

Empfehlungen zur Untersuchung

Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 254 [6] sollten Wasserversorgungsunternehmen ihr Rohwasser regelmäßig mikrobiologisch untersuchen. Sofern die Untersuchungen bei Grundwässern mikrobielle Verunreinigungen wie z.B. coliforme Bakterien und damit Oberflächenwasserbeeinflussungen anzeigen, sollte für diese Rohwässer auch eine Risikobewertung für somatische Coliphagen durchgeführt werden.

Die Häufigkeit der Rohwasseruntersuchungen in Hinblick auf die geforderte Risikobewertung für somatische Coliphagen sollte sich daher an den Empfehlungen des DVGW-Arbeitsblattes W 254 orientieren. Dabei ist ein einjähriges Messprogramm mit monatlichen Untersuchungen sinnvoll (zwölf Mal jährlich).

Die Untersuchungen zur Risikobewertung in Bezug auf Coliphagen sollten alle 6 Jahre wiederholt werden, wie dies auch für die Aktualisierung der Risikobewertung nach § 35 TrinkwV vorgegeben ist. Bei wesentlichen Änderungen im Wassereinzugsgebiet (z. B. Bau von Abwasserreinigungsanlagen) sollte die Risikobewertung inklusive Untersuchungen ebenfalls wiederholt werden.

Bei der Beauftragung von Untersuchungen auf somatische Coliphagen muss beachtet werden, dass das Labor für die Analyse auf somatische Coliphagen bei der DAkkS gemäß DIN EN ISO 10705-2:2002 01 akkreditiert und in der Liste der notifizierten Untersuchungsstellen gelistet ist. Nur dadurch ist gewährleistet, dass die nötige Erfahrung für die Quantifizierung somatischer Coliphagen in Wasser vorhanden ist.

Ergebnisse von Rohwasseruntersuchungen (Beispiele)

Flusswasser Donau

Die Landeswasserversorgung entnimmt das Rohwasser der Donau bei Leipheim direkt aus der fließenden Welle. Das Donauwasser wird beim Eintritt in die Aufbereitungsanlage zweimal wöchentlich auf bakterielle Indikatorparameter untersucht, bereits seit 2007 zusätzlich monatlich auf somatische Coliphagen. Die nachfolgenden Aufbereitungsstufen werden ebenfalls untersucht, um die Wirksamkeit der Elimination der einzelnen Bakterien und Viren zu überprüfen.

Wie auch bei den bakteriellen Parametern schwankt die Konzentration der somatischen Coliphagen im Jahresverlauf, hier um etwa zwei log-Stufen, der Höchstwert lag bislang bei circa 2000 PFU/100 ml (Abb. 1). Im Verlauf der Aufbereitung sind nach der Flockungssedimentation (FS 1) und Ozonung (anschließende Stufe) schon keine somatischen Coliphagen mehr nachweisbar (Abb. 2).

Buchbrunnenquelle (Egauwasserwerk)

Als Karstquelle unterliegt die Buchbrunnenquelle verschiedenen Kontaminationseinflüssen und zeigt eine permanente Grundlast an fäkalen Verunreinigungen und periodisch immer wieder Belastungsspitzen bei allen Indikatorparametern. Die Aufbereitung des Rohwassers im Egauwasserwerk erfolgt durch Ozonung, Flockungsfiltration über Zweischichtfilter und Aktivkohle-Filtration zu stets einwandfreiem Trinkwasser. Seit 2016 wird das Rohwasser und das Gesamtfiltrat zusätzlich auch auf somatische Coliphagen untersucht. Auch hier kommt es selten, aber immer wieder zu Werten über 50 pfu/100 ml.

Die bisherigen Untersuchungen für Kunden (186 Proben seit 2011, davon 57 Proben im Jahr 2025) ergaben für 13 Proben Werte über 50 pfu/100 ml, ausnahmslos Fluss- und Quellwässer.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 10705-2:2002-01, Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von Bakteriophagen – Teil 2: Zählung von somatischen Coliphagen (ISO 10705-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10705-2:2001
- [2] Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)
- [3] Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159, S. 2)
- [4] DVGW-Forschungsbericht: Bedeutung der neuen mikrobiologischen Parameter der EU-Trinkwasserrichtlinie für die deutsche Wasserversorgung (W 202012)
- [5] DVGW-Information WASSER Nr. 120 (2025) Somatische Coliphagen (in Arbeit)
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 254 Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen (Mai 2021)



Autorin | Kontakt

Dr. Regine Fischeider

Zweckverband Landeswasserversorgung | Betriebs- und Forschungslabor
Leiterin Mikrobiologie
Am Spitzigen Berg 1 | 89129 Langenau | www.lw-online.de

**92. Jahrestagung zum hundertjährigen Bestehen
der Wasserchemischen Gesellschaft
Wasser 2026
11. – 13. Mai 2026 in Kiel**

Kontakt: Dr. Arne Wick | Email: wasserchemische-gesellschaft@bafg.de
<https://www.wasserchemische-gesellschaft.de>

Praxisbericht

Zuverlässige Überwachung der Wasserqualität im Wasserwerk

Nicolas Kaltwasser

Im folgenden Beitrag werden Erfahrungen mit der neuen WTW-Trinkwassertafel zur kontinuierlichen Messung im Trinkwasser in Aschaffenburg und Karlsruhe dargestellt und erläutert.

Herausforderungen im Umgang mit Messtechnik sind vielseitig und reichen von Wartung und Kalibrierung der Geräte bis zur Übertragung und dem Management von Daten. Die neu entwickelte WTW-Trinkwassertafel minimiert diese Herausforderungen und wurde in den Wasserwerken Aschaffenburg und Mörscher Wald, Karlsruhe über jeweils ein Jahr ausführlich getestet.

Das Wasserwerk Aschaffenburg

Das Werk bezieht sein Rohwasser aus dem Großostheimer Becken, einem Grundwasser-Reservoir von knapp 200 Millionen Kubikmeter Wasser mit einem Wasserschutzgebiet von 3.000 Hektar. Aus sieben Brunnen mit Tiefen von 25 bis 60 Metern werden jährlich etwa acht Millionen Kubikmeter (umgerechnet ca. 1000 Kubikmeter pro Stunde) Rohwasser gefördert und die 130.000 Einwohner in der Region Aschaffenburg mit Trinkwasser versorgt. Das Rohwasser durchläuft dabei drei wesentliche Aufbereitungsschritte,

- einer Entkarbonisierung zur Reduktion der Gesamthärte,
- einer biologischen Denitrifizierung zur Nitratreduzierung und
- einer Nachreinigung, bestehend aus einer Mehrschichtfiltration, welche Rückstände aus der Entkarbonisierung und Denitrifikation entfernt, einer UV-Desinfektion, welche das Trinkwasser hygienisiert, und einer Aktivkohlefiltration, welche Rückstände von Pflanzenschutzmitteln und Spurenstoffen entfernt.

Das Wasserwerk Mörscher Wald, Karlsruhe

Das 2022 errichtete Werk versorgt die Stadt Karlsruhe sowie umliegende Gebiete mit bis zu 60 Millionen Liter Trinkwasser pro Tag und wird von den Stadtwerken Karlsruhe betrieben. Das Einzugsgebiet des Wasserwerks liegt im Mörscher Wald, einem geschützten Wald- und Naturgebiet südwestlich von Karlsruhe.



Abb. 1: Die neue WTW-Trinkwassertafel vereint IDS-Sensoren mit dem bewährten IQ SENSOR NET auf einer konfigurierbaren Tafellösung zur kontinuierlichen Messung.



Abb. 2: Blick auf die Wasserwerke Aschaffenburg (links) und Mörscher Wald, Karlsruhe (rechts) (Quellen: Aschaffener Versorgungs-GmbH, Stadtwerke Karlsruhe GmbH)

Aufgrund der kalkhaltigen Sande im durchströmten Grundwasserleiter beträgt die Härte des Grundwassers etwa 3 mmol/L (~17 °dH). Die Sulfatkonzentration nahm seit 1990 von ursprünglich circa 70 mg/L auf heute circa 45 mg/L ab. Die Natriumkonzentration ist mit circa 8 mg/L als niedrig zu bewerten, ebenso die Chloridkonzentration mit circa 15 mg/L. Die Eisen- und Mangan-Konzentrationen sind aufgrund der reduzierenden Verhältnisse mit durchschnittlich circa 1,5 mg/L bzw. 0,1 mg/L erhöht. Daher ist eine Aufbereitung des Grundwassers zur Entfernung von Eisen und Mangan vor der Bereitstellung als Trinkwasser erforderlich.

Die Trinkwasseraufbereitung besteht im Wesentlichen aus einer Belüftungs- und einer Filtrationsstufe. Die Belüftung hebt das Sauerstoffniveau des Rohwassers von 1 auf 8 mg/L an und ermöglicht damit die Oxidation von Eisen und Mangan, welches dann in acht Zweischichtdruckfiltern abgeschieden wird. Eine mobile Desinfektionsanlage mit Natriumhypochlorit kann im Bedarfsfall eingesetzt werden.

Die WTW-Trinkwassertafel

Die neue WTW-Trinkwassertafel kombiniert das kontinuierliche Messsystem IQ SENSOR NET mit einer konfigurierbaren Auswahl an kompakten und bewährten IDS-Sensoren (Intelligent Digital Sensors), bekannt aus dem Laborbereich. Zusätzlich kann die Tafel mit Chlorsensoren und einem Trübungsanalyzer ausgerüstet werden. Die Sensorik wird vom Messsystem automatisch erkannt und kann darüber verwaltet werden.

Die Anbindung an eine SPS erfolgt über eine wählbare Schnittstelle am IQ SENSOR NET. Weiterhin müssen zur Inbetriebnahme lediglich die Sensoren in die vormontierten Durchflusszellen eingesetzt, der Probenzu- und Ablauf, sowie Strom verbunden werden. Es empfiehlt sich folgende praktische Tipps zu beachten:

- Für ein sauberes Erscheinungsbild bei der Wandmontage die mit gelieferten Abstandshalter verwenden, um die Sensorkabel nach hinten (zwischen Wand und Tafel) führen zu können.
- Die korrekte Positionierung der Sensoren in den Durchflusszellen gemäß der Betriebsanleitung gewährleistet eine optimale Anströmung und Reaktionszeit und damit verlässliche Messwerte.
- Der eingestellte Durchfluss sollte spätestens am nächsten Tag kontrolliert und ggf. nachgeregelt werden, da durch das Befüllen und das Verdrängen von Luft der Durchfluss abfallen kann. Den Mindestdurchfluss (ohne Chlor sensor ≥ 10 l/h; mit Chlorsensor ≥ 15 l/h) sollte nicht unterschreiten.

Die Messung im Wasserwerk Aschaffenburg

Die im Wasserwerk Aschaffenburg getestete Tafel (siehe Abbildung 3) besteht aus einem IQ SENSOR NET System 2020 3G mit drei IDS-Sensoren sowie

einem Analyzer und kann damit die Parameter pH-Wert, gelöst Sauerstoff (O₂), Leitfähigkeit und Trübung messen. Die Installation erfolgte Ende Juni 2023 und dauerte nur ca. 90 Minuten. Die Messung erfolgt am Werksausgang und dient damit der allgemeinen Prozesskontrolle.

Hervorzuheben ist, dass die installierten Sensoren über den gesamten Zeitraum bewusst nicht kalibriert und gewartet wurden, um das Driftverhalten und die Reinigungsintervalle zu ermitteln. Insbesondere die pH-Elektrode konnte durch ihren minimalen Drift von ca. 0,2 pH innerhalb eines Jahres



Abb. 3: Installation und Inbetriebnahme der WTW-Trinkwassertafel im Wasserwerk Aschaffenburg

überzeugen, während unter anderem die bestehende pH-Elektrode alle acht bis zehn Wochen ausgebaut, gereinigt und kalibriert wurde.

Eine Sichtprüfung der Sensoren nach fünf Monaten Betrieb und nach Ende der Teststellung bestätigte einen sehr guten Zustand der Sensoren. Für bestmögliche Messergebnisse wird ein anwendungs-spezifischer Wartungszyklus empfohlen.

“Die Sensoren sehen nach dieser Laufzeit sehr gut aus, die Werte passen nach wie vor.” Zitat, Eric Bischoff (Mitarbeiter Wassertechnologie, Aschaffener Versorgungs-GmbH).

Mörscher Wald Karlsruhe

Die im Wasserwerk Mörscher Wald installierte Tafel (siehe Abbildung 4) besteht aus einem IQ SENSOR NET-System 2020 3G mit vier IDS-Sensoren und kann damit die Parameter pH, gelösten Sauerstoff (O₂), Leitfähigkeit und Redox (Reduktions-Oxidations-Potential) messen. Sensoren für temperaturabhängige Parameter sind mit einer integrierten Temperaturmessung und automatischen Temperaturkorrektur ausgestattet. Der Temperaturmesswert wird ebenfalls ausgelesen. Die Messung erfolgt ebenfalls am Werksausgang



Abb. 4: Die WTW-Trinkwassertafel im Wasserwerk Mörscher Wald bei Karlsruhe.

und dient der allgemeinen Prozesskontrolle.

Die Teststellung wurde am 8. November 2023 installiert und in Betrieb genommen. Der Durchflussvolumenstrom wurde zunächst auf die Obergrenze von 40 L/h eingestellt und im weiteren Verlauf auf die Untergrenze von 10 L/h reduziert. Da die Messung im Bypass und verwerfend erfolgt, kann die Reduzierung des Durchflussvolumenstroms helfen, weniger aufbereitetes Trinkwasser zu verwerfen und so die Energieeffizienz zu steigern und Kosten zu sparen.

Entsprechend des vor Ort üblichen Wartungsintervalls erfolgte in der Regel alle 4 Wochen eine detaillierte Gerätekontrolle mit dazugehöriger Dokumentation. Dabei wurde der Sauerstoffsensor an der Frischluft abgeglichen und der pH-Wert mit den Puffern 7,0 und 4,0 kalibriert. Leitfähigkeit und Redox zeigten sehr geringe Abweichungen gegen eine Referenz, weswegen auf eine Justage im gesamten Zeitraum verzichtet wurde. Die Teststellung wurde bis Ende 2024 von Xylem begleitet und anschließend von den Stadtwerken Karlsruhe übernommen.

Nach Betreiberangaben lieferte die Teststellung gute Messergebnisse, welche im Vergleich zur Laboranalytik eines Auftragslabors und bestehender Online-Messtechnik reproduzierbar sind. Dabei machte es keinen Unterschied, ob der Durchfluss auf 40 oder zehn Liter pro Stunde eingestellt war.

Abbildung 5 zeigt hierzu einen Ausschnitt der aufgezeichneten Messergebnisse für Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH und Temperatur. Dargestellt ist der zeitliche Verlauf der Messergebnisse der WTW-Messtechnik und einer Bestandsmesstechnik als Vergleich. Die Bestandsmesstechnik wird bei einem permanenten Durchfluss von circa 60 L/h betrieben, während die Daten der WTW-Messtechnik bei circa 40 L/h (links) bzw. circa 10 L/h (rechts) gewonnen wurden.

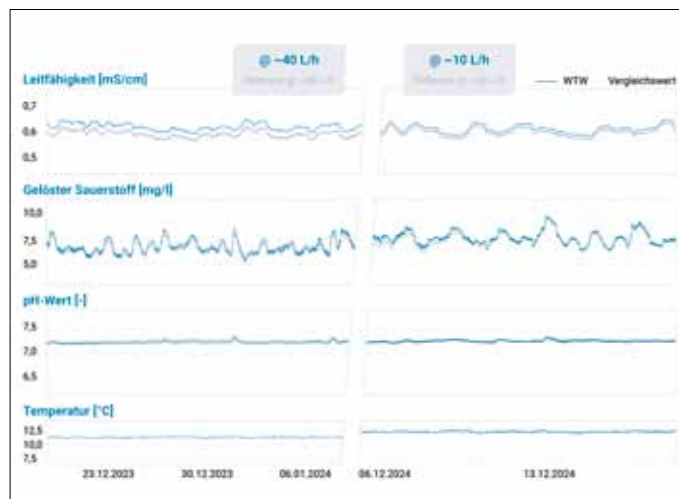


Abb. 5: Messergebnisse der WTW-Messtechnik bei ca. 40 L/h (links) und ca. 10 L/h (rechts) Durchfluss und der Bestandsmesstechnik als Vergleich.

Es ist zu erkennen, dass die Ergebnisse der WTW-Messtechnik einen nahezu deckungsgleichen Verlauf zur Bestandsmesstechnik haben, sowohl bei circa 40 L/h, als auch bei circa 10 L/h Durchfluss. Schwankungen der Messdaten im Tagesverlauf können sich aus der Beimischung von Rohwasser mit unterschiedlicher Qualität aus unterschiedlichen Brunnen ergeben und sind in den jeweiligen Größenordnungen als unkritisch zu bewerten.

„Die Teststellung läuft optimal und sehr zuverlässig, auch die Reproduzierbarkeit der ermittelten Messwerte zu den bereits vor Ort bestehenden Messgeräten ist sehr gut und deckt sich weitestgehend mit der Laboranalytik des Auftragslabors.“

Zitat Elke Chemelli-Franz (Leiterin der Onlinemesstechnik, Stadtwerke Karlsruhe GmbH)

Fazit

Mit der Teststellung im Wasserwerk Aschaffenburg konnte erfolgreich demonstriert werden, dass die neue WTW-Trinkwassertafel einfach installiert sowie zuverlässig und wartungsarm betrieben werden kann. Die Sensorik ist ohne Wartung und Kalibrierung ein Jahr problemlos gelaufen und hat dabei präzise Daten geliefert.

Im Wasserwerk Mörscher Wald bei Karlsruhe hat die Reduzierung des Durchflussvolumenstroms auf 10 L/h – dem empfohlenen Minimum bei Betrieb ohne Chlorsensor – zur Trinkwassereinsparung beigetragen. Die Messung zeigte keine Einschränkung gegenüber Messungen bei 40 L/h und Ergebnissen der Laboranalytik und einer Bestandsmesstechnik, die bei 60 L/h betrieben wird. Somit kann die WTW-Trinkwassertafel helfen Energie und Geld einzusparen und Nachhaltigkeit zu fördern. Die Messtechnik wurde nach dem Testzeitraum vom Bertreiber abgekauft.



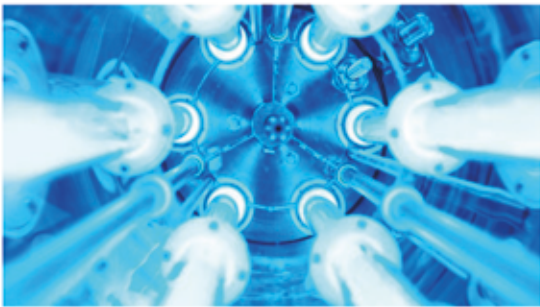
Autor | Kontakt

Nicolas Kaltwasser, M. Sc.

Xylem Analytics Germany Sales GmbH & Co. KG
Am Achalaich 11 | 82362 Weilheim | www.xylemanalytics.com

IHRE UMFASSENDE LÖSUNG FÜR UV-TRINKWASSERBEHANDLUNG

Da sich die Welt verändert und Wasser immer knapper wird, benötigen Gemeinden bessere Technologien und Lösungen, um ihre Wasserqualitätsziele zu erreichen. Für den deutschen Markt können wir nun mit unseren Produktlinien TrojanUV® und AQUAFIDES® den Anforderungen von Kommunen jeder Größe gerecht werden. Beide Produktlinien können auf eine lange Erfolgsgeschichte bei der Unterstützung kommunaler Kunden bei der Bekämpfung von Kontaminationen und Mikroverunreinigungen im Trinkwasser zurückblicken. Unsere TrojanUV-Produktlinie umfasst außerdem eine breite Palette an Open-Channel Systemen für die Abwasserbehandlung mit flexiblen Designs für eine Vielzahl von Anwendungen. Gemeinsam schaffen wir Vertrauen in die Wasserqualität mit erstklassiger UV-Technologie.



Unsere TrojanUV-Systeme sind bekannt für ihre zuverlässigen und effizienten Wasseraufbereitungslösungen für große Kommunen. Unser Portfolio an fortschrittlichen Oxidationssystemen wird weltweit für die Abwasser- und Trinkwasseraufbereitung, die Sanierung von Grund- und Oberflächenwasserverschmutzungen sowie für Wiederverwendungs- und Wasserrecyclinganwendungen eingesetzt.

Unsere AQUAFIDES-Produktlinie bietet bewährte UV-Kompetenz und Innovation für europäische Kommunen. Diese UV-Desinfektionsgeräte sind gemäß den neuesten europäischen Trinkwasserdesinfektionsvorschriften, einschließlich DVGW DIN EN-19294, validiert. Unsere AQUAFIDES-Geräte haben einen Leistungsbereich von bis zu 2000 m³/h und sind damit eine robuste, flexible und leistungsstarke Ergänzung Ihrer Wasseraufbereitungsstrategie.



Mit dem Kauf eines Produkts von TrojanUV oder AQUAFIDES werden Sie Teil eines Netzwerks mit Support rund um die Uhr. Unsere Installationsbasis wird von einem Team zertifizierter Servicetechniker und einem Netzwerk vertrauenswürdiger Vertriebspartner unterstützt. Dank unserer starken Organisation können wir Dienstleistungen wie technische Unterstützung und Installationssupport, Inbetriebnahme, Bedienschulungen, Optimierungsdienstleistungen, vorbeugende Wartung, Systeminspektionen, Steuerungs-Upgrades und vieles mehr anbieten!



Mit Niederlassungen von Trojan Technologies und Aquafides in Deutschland, Österreich und der Schweiz sind wir in der Lage, eine schnelle Ersatzteilversorgung, Wartung und Beratung zu gewährleisten. Wir halten uns an die höchsten Standards, um sicherzustellen, dass unsere Lösungen auch umweltfreundlich, kosteneffizient und zuverlässig sind. Außerdem können Sie uns jederzeit unter **info@aquafides.de** oder Tel.: **+49 (0) 7246 445 47 00** erhalten.

Wir bei Trojan Technologies und AQUAFIDES sind stolz darauf, Ihnen die neuesten Innovationen im Bereich der UV-Wasseraufbereitungstechnologie anbieten zu können, mit Geräten, die die Betriebseffizienz maximieren, die Bedienung vereinfachen und die Wartungskosten senken. Unser umfassendes Portfolio an UV-Desinfektionsgeräten kann alle Ihre Anforderungen an die Wasseraufbereitung und alle physikalischen Konfigurationen erfüllen! Unser Zusammenschluss steht für zertifizierte Leistung, bewährte Qualität und maximale Zuverlässigkeit, auf die Sie sich verlassen können.

Weitere Informationen finden Sie unter **TrojanTechnologies.com** oder **Aquafides.com**.



Trojan Technologies bietet UV-Desinfektionsgeräte unter TrojanUV und AQUAFIDES an. Scannen Sie den QR-Code, um die richtige Lösung für Ihre Wasseraufbereitung zu finden.



Intermediate-Volume (IV) Inlet Liners

Improve Narrow-Bore GC Column Performance

Erica Pack | Mark Badger

Intermediate-Volume Liners (IV) offer the best of both worlds when working with narrow-bore columns. They provide higher sample capacity than small-volume liners and faster sample transfer than larger ones. The result: reduced band broadening, minimal analyte degradation during splitless injection, and fast, highly reproducible results every time. IV liners offer a simple yet effective way to enhance GC analysis quality.

Abstract

Intermediate-volume (IV) inlet liners are designed to improve the performance of narrow-bore GC columns (< 0.25 mm ID), especially when working with compounds such as semi-volatiles or pesticides. By providing an optimized balance between sample capacity and transfer efficiency, these liners enhance sensitivity and reproducibility compared to conventional designs. A critical advantage lies in reducing analyte residence time in the inlet, which helps minimize band broadening and thermal degradation, leading to a more accurate representation of the sample. As a result, analysts benefit from sharper peaks, improved resolution, and more reliable quantitation, making IV liners a simple but highly effective innovation for boosting the quality of GC analyses.

Introduction

Faster analysis times can improve lab productivity, but only if chromatographic performance still allows accurate peak identification and quantification. Narrow-bore GC columns (<0.25 mm ID) speed up analysis because they have greater chromatographic efficiency, producing tall narrow peaks that are easy to identify and keep separated run after run. The efficiency of narrow bore columns is achieved by decreasing the flow rate through the column, which gives analytes more time to interact with the stationary phase. Since these interactions occur over a thinner film and shorter length column, analytes elute quickly as narrow, symmetrical peaks. While using narrow-bore columns can be a good approach to creating fast, highly efficient chromatography with a typical GC-MS setup, their effectiveness is limited by sample introduction.

A variety of inlet options are available to control sample introduction, but the most common tool is a split/splitless inlet. Similarly, many inlet liner styles are available, but for most split/splitless inlets, liners of around 2 mm ("smaller volume") or 4 mm ("larger volume") inner diameter (ID) are used. With narrow-

Tab. 1: Benefits and Limitations of Different Size Inlet Liners

	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
SMALLER VOLUME	• Shorter residence times result in faster column loading, a narrow analyte band, and reduced splitless hold time. • Narrower analyte band can improve resolution, especially for volatile compounds. • Active compounds spend less time in the inlet, reducing adverse interactions, such as adsorption and reactivity.	• Lower liner volume means less sample can be injected, which can reduce sensitivity and reproducibility. • Backflash can occur if the solvent vapor cloud exceeds the liner volume, and it can cause poor peak shape (fronting, tailing, splitting) and increase variation and contamination.
LARGER VOLUME	• Higher liner volume provides greater capacity for larger sample injections, which can improve sensitivity and reproducibility. • Less chance of backflash because the higher liner volume accommodates a larger solvent vapor cloud.	• Larger liner volume can cause band broadening and increased peak widths, which can decrease resolution. • Lower column flow rates for narrow-bore columns result in longer residence times in the liner, which can lead to analyte degradation.

bore columns, the smaller liner provides faster sample transfer that better compliments the column's high efficiency, though there are benefits and drawbacks to both sizes that should be considered (Table 1). The choice between larger and smaller volume liners ultimately can require tradeoffs to be made in terms of capacity and chromatographic performance.

Capacity is critical when you need to decrease method detection limits and gain sensitivity.

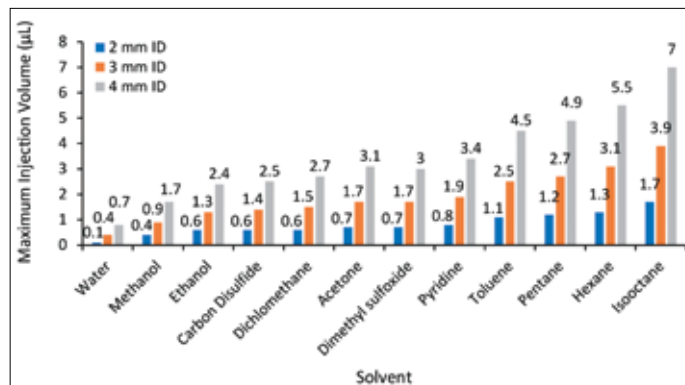


Fig 1: Maximum injection volume varies by solvent, liner size, and conditions (Data collected at 250 °C and 40 psi.)

By increasing the injection volume, you can increase the amount of sample on column without having to modify sample preparation procedures. This can be achieved with splitless injection, which transfers the entire sample vapor cloud onto column. However, when splitless injection volume is maximized, the analysis can be greatly affected by inlet temperatures, pressures, and analyte solubility, which can lead to poor chromatography. Balancing

these parameters is not a simple task, which is where Restek's solvent expansion calculator can help. Figure 1 shows the calculated maximum injection volume for different liner sizes under inlet conditions that could reasonably be paired with a narrow-bore column. Depending on the solvent, smaller liners can generally hold 0.5–1 µL, so to really impact limits of detection, larger liners would be used. However, the capacity gain of a larger liner comes at the cost of efficiency. The vapor cloud in a larger liner moves very slowly onto the much narrower head of a narrow-bore column, widening peaks and giving compounds more time to interact with active sites. This can be especially detrimental for compounds that often breakdown in the inlet, such as endrin and DDT.

Intermediate-Volume Liners Provide a More Balanced Solution

To give narrow-bore column users more flexibility and allow additional sample to be injected, without risking backflash or compromising on peak characteristics, Restek has developed an intermediate-volume option: the IV liner (3 mm ID). Compared to smaller volume (2 mm) liners, IV liners allow injection volumes to be doubled because they have significantly more room to contain solvent vapor clouds. And, since they have faster sample loading capabilities than larger volume (4 mm) liners, good chromatographic performance is maintained because the analytes spend less time in the inlet.

To demonstrate these advantages, we compared the performance of IV liners with smaller and larger liners when paired with narrow-bore columns for the analysis of semivolatiles; polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH); and pesticides. Overall, results showed how the IV liner's intermediate capacity conferred significant improvements in chromatography and reproducibility for splitless injections on narrow-bore columns. Note that the follow experiments compared 2, 3, and 4 mm ID liners in a geometry suitable for Agilent; Thermo TRACE 1300 and 1600 series; PerkinElmer Clarus 590/690 and GC2400;

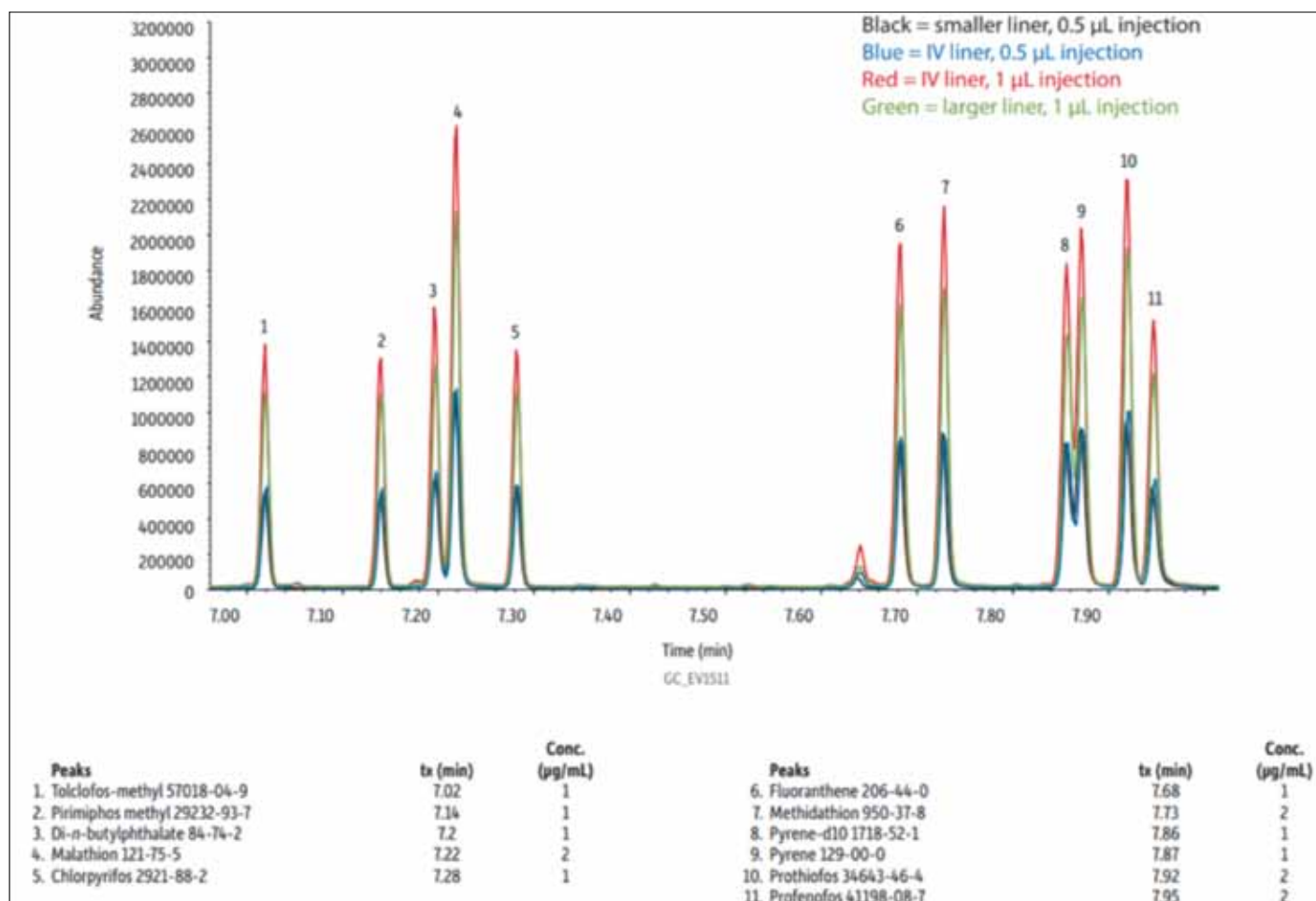


Fig. 2: Taller, narrower peaks are obtained throughout the run with an IV liner compared to a larger volume liner.

Tab. 2: Conditions for analysis of semivolatiles

STANDARD/SAMPLE	Semivolatile Mix (#31899), internal standard mix (#31825), surrogate mix (#31826), Organophosphorous Pesticide Mix (#32418)
DILUENT	Acetone
INJECTION	
INJ. VOL.	0.5-1 µL
LINER	3 Topaz Single Taper, Splitless Inlet Liner, wool, 78.5 mm length with 6.5 mm OD, IDs: 2.0, 3.0 and 4.0 mm
INJ. TEMP.	250 °C
PURGE FLOW	15mL/min
OVEN	
OVEN TEMPERATURE	45°C (hold 0.5 min) to 260°C at 30°C/min to 330 °C at 4°C/min
CARRIER GAS	He, constant flow
FLOW RATE	0.84 mL/min
LINEAR VELOCITY	40.807 cm/sec @45 °C
DEAD TIME	0.82 min @45°C
DETECTOR	MS
MODE	Scan
SCAN PROGRAM	Group 1, Start Time: 1.5 min, Scan Range: 50-550 amu, Scan Rate: 9.9 scans/sec
TRANSFER LINE TEMP.	250 °C
ANALYZER TYPE	Quadrupole
SOURCE TYPE	Extractor
SOURCE TEMP.	230 °C
QUAD TEMP.	150°C
ELECTRON ENERGY	929 eV
SOLVENT DELAY TIME	1.5 min
TUNE TYPE	PFTBA
IONIZATION MODE	EI
INSTRUMENT	Agilent 7890 A GC and 5875 C MSD
SAMPLE PREP	2 µL of SVOC standards and 20 µL pesticide mix were added to 1974 µL of acetone. Splitless injections were performed with a 10 µL SGE autosampler syringe

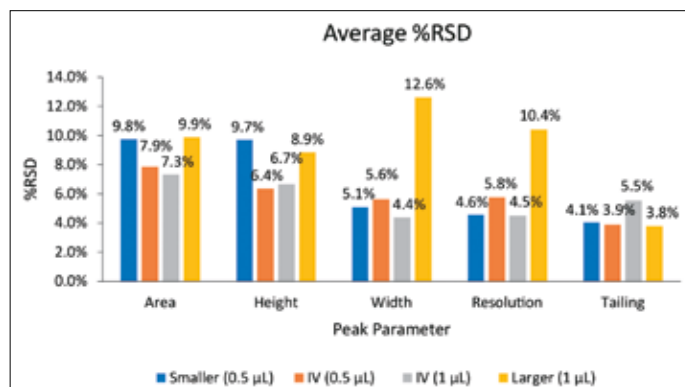


Fig. 3: Average %RSD for different peak parameters across various liner sizes and injection volumes.

Scion 8300 and 8500; Scion/Bruker/Varian 1177; and Lucidity GCs. An IV liner that is compatible with Shimadzu 17A, 2010, 2014, and 2030 GCs is also available and will achieve similar results.

Analysis of Semivolatiles

To assess the impact of the intermediate-volume IV liner on chromatographic performance for semivolatiles, we paired it with a narrow-bore Rxi-SVOCms column (20 m x 0.15 mm ID x 0.15 µm). This column was selected because it is specifically designed for longevity, inertness, consistency, and improved resolution of semivolatile compounds. When used in a narrow-bore format, the column offers the same benefits with shorter run times, but sample introduction becomes essential for maintaining critical separations that may be lost due to solvent effects or peak-widening caused by using the wrong liner.

Tab. 3: 86% (43/50) of the experimental comparisons evaluated here showed better performance or no statistical difference when using IV liner with narrow-bore columns.

	INCREASED AREA	INCREASED HEIGHT	DECREASED WIDTH	INCREASED RESOLUTION	DECREASED TAILING
SEMIVOLATILES					
IV VS. LARGER (1 µL)	IV	IV	ND	ND	ND
IV VS. SMALLER (0.5 µL)	IV	IV	IV	IV	IV
REPRODUCIBILITY					
IV VS. LARGER (1 µL)	IV	IV	IV	ND	IV
IV VS. SMALLER (0.5 µL)	IV	IV	smaller	smaller	ND
FULL CAPACITY (SMALLER VS. IV)	IV	IV	ND	ND	IV
MID-CAPACITY (LARGER VS. IV)	IV	IV	ND	ND	larger
NOT IN THIS ARTICLE, BUT TESTED PAH					
IV VS. LARGER (1 µL)	IV	IV	ND	ND	ND
IV VS. SMALLER (0.5 µL)	smaller	smaller	ND	ND	ND
PESTICIDES					
IV VS. LARGER (1 µL)	IV	IV	ND	ND	ND
IV VS. SMALLER (0.5 µL)	smaller	smaller	ND	ND	ND

ND – no statistical difference ($p > 0.05$)

For this evaluation, we looked at peak characteristics and resolution of 51 semivolatile compounds diluted to 1-10 µg/mL. To compare performance to the other liner dimensions without exceeding maximum liner capacities, six 0.5 µL injections were made on the smaller and intermediate volume liners, and six 1 µL injections were made on the larger and intermediate volume liners. By comparing peak area, height, width, resolution, and tailing across compounds and injection parameters, we were able to identify some key benefits to using a IV liner for semivolatiles analysis.

When comparing the 1 µL injections on the intermediate and larger volume liners, peak area and height were significantly improved (Student's t-test, $p < 0.05$) for most compounds when using the intermediate-volume IV liner, making peak identification and quantitation easier and more accurate. As shown in Figure 2, 92 % of compounds showed greater average peak areas, and 80 % showed a greater average peak height when using the IV liner. Peak width, resolution, and symmetry were not statistically different from results for the larger volume liner for most compounds, which was attributed to solvent effects causing poor peak shape for some early eluting compounds using both liners (Fig. 3). Performance did improve for early eluting compounds when less sample was injected as well as overall for later eluting compounds (Fig. 4–5), which is likely the result of the IV liner's faster sample transfer onto the column.

For the 0.5 µL injections, which compared the smaller and intermediate-volume liners, the difference was more dramatic: every peak parameter that was investigated showed statistically significant improvements when using the IV liner (Fig. 2). These benefits can be attributed to the IV liner providing a narrow sample transfer band and maintaining resolution from the solvent peak. Improved performance was particularly beneficial for better separation of closely eluting isobaric semivolatiles, such as benzo[b]fluoranthene and benzo[k]fluoranthene (resolution of 1.83 vs. 1.93 on the 2 mm and 3 mm liner, respectively, $p < 0.05$). Overall, for semivolatiles analysis, the IV inlet liner helped translate peak shape and resolution to a narrow-column format, allowing labs to take full advantage of a highly inert, high-efficiency Rxi-SVOCms column.

Reproducibility

To evaluate reproducibility, the relative standard deviations (% RSD) of averaged parameters across all compounds in all experiments were compared across the different liner sizes and injection volumes (Fig. 3). Overall, the inter-

mediate-volume IV liner demonstrated statistically better reproducibility for peak area and height on narrow-bore columns for both injection volumes and at both partial and full capacity (Table 2). Results for peak symmetry were also more reproducible using a IV liner, except for the 0.5 μL injections where there was no statistical difference and the midcapacity comparison where symmetry was only 0.1% better using the larger volume liner. Regarding peak width and resolution, there was no statistical difference in performance for most comparisons, but the smaller volume liner did provide more reproducible results for the 0.5 μL injections, while the IV liner provided more reproducible peak widths for the 1.0 μL injections. Since width and resolution are heavily impacted by position in the chromatogram (e.g., early vs. late eluting or during a ramp vs. an isothermal hold), differences in these parameters may be more affected by method conditions other than the liner.

These improvements to reproducibility can be attributed to the ILV liner's intermediate volume, which better contains injection volumes that may be pushing the capacity of the smaller volume liner. Similarly, the compounds are transferred to the column more efficiently from the IV liner than with the larger volume liner, so there is less time for variations to occur, especially for later eluting compounds.

Overall Assessment

Table III summarizes the statistical results of all these experiments and provides a high-level evaluation of the effects of liner choice on chromatographic performance when using narrow-bore GC columns with splitless injection. Of the 50 comparisons, 43 (86%) showed the intermediate-volume IV liner provided improved (22/50) or equivalent (21/50) performance compared to smaller and larger volume liners. Results IV were most pronounced for area and height, which are critical for accurate peak identification and quantification. Effects were more varied for width, resolution, and symmetry, but these

parameters can also be strongly affected by the other method conditions (isothermal temperatures, column phase, solubility, etc.) and elution time. Based on this data, IV liners will provide more balanced and improved chromatographic performance compared to smaller and larger volume liners. When using IV liners with narrow-bore columns, more sample can be injected compared to smaller liners, reducing the negative effects caused by solvent and liner capacity. In addition, compared to larger volume liners, the sample is introduced onto the column more quickly and in a narrower band, taking better advantage of the column's intrinsic high efficiency. In conclusion, the intermediate volume of IV liners contributes to fast, sensitive, and highly reproducible analyses, which allows labs to maximize the benefits of narrow-bore columns. Note that if you switch an existing method to a narrow-bore column, it is important to properly scale other method parameters to maintain peak separations. Restek's free, online EZGC method translator is a quick and simple tool that can be used to generate properly translated method conditions for narrow-bore columns.



Authors | Contact

Erica Pack | Mark Badger

Restek GmbH

Schaberweg 23 | 61348 Bad Homburg von der Höhe

www.restek.com

40
YEARS

From our founding in a former elementary school in 1985 to becoming a global, 100% employee-owned company, we've come a long way in our 40-year history. We're proud of our legacy of innovation, our commitment to close partnerships, and our continual investment in the future. Above all, we're proud of the work we've accomplished with you.

RESTEK

Join the celebrations at restek.com/restek40





Drinking water analysis

Comprehensive methods based on European Directive 2020/2184

Josep Lliberia Blasco | Carlos Bueno | Oscar Quintela | Jack Steed | Michael Scherer | Ianru Stahl-Zeng

This technical note highlights the key results from our compilation of drinking water methods based on European Union (EU) Directive 2020/2184 [1] using the QTRAP 6500+ system and the SCIEX 7500 system.

The operating procedure documents include full method details, such as chemicals and reagents, sample and standard preparation, instrument parameters, a results overview and example chromatograms, to ensure easy and repeatable replication of the methods on your instrumentation. Each method has been created with EU Directive 2020/2184 in mind, and in each case, the respective limits set by the directive were achieved.

Here, we share key points from four of six methods illustrated by example extracted ion chromatograms (XICs).

Quantitation of acrylamide in drinking water by direct injection

This example demonstrates the importance of column selection with the QTRAP 6500+ system and the sensitivity improvement provided by the SCIEX 7500 system. Two columns are evaluated for use with the QTRAP 6500+ system. Figure 1 shows the results for the alternative column. Figure 2 shows the results for the recommended column, demonstrating increased retention time, method performance and separation from the void volume. Figure 3 shows the sensitivity improvement achieved when using the SCIEX 7500 system compared to the QTRAP 6500+ system.

Quantitation of haloacetic acids in drinking water by direct injection

The QTRAP 6500+ system can readily achieve the parameters established by the current EU regulation for haloacetic acids in water, as shown in Figure 4. The SCIEX 7500 system, however, provides additional sensitivity, future-proofing your lab for any additional regulations. In Figure 4, each analyte

has been highlighted at 10 µg/L with overlays of both quantifier and qualifier shown on the QTRAP 6500+ system. These XICs also show the ion ratio lines that depict where the peak apex of the qualifier ion should be so that it is within the 70%–130% ion ratio tolerance.

Quantitation of hormones, bisphenol A and alkylphenols in drinking water by direct injection

The sensitivity of the SCIEX 7500 system is demonstrated in Figure 1, with 1 ng/L XICs shown for 4 of the compounds analyzed, meeting the EU watch list recommendation when using a large-volume injection. This method also combines hormones, BPA and nonylphenol in a single analysis, without the need for SPE pre-concentration of samples.

Quantitation of glyphosate in drinking water by direct injection

This example shows the importance of being able to perform an MS3 scan with your instrument. For glyphosate, the typical second transition provides a high background and lacks sensitivity. An MS3 transition improves the sensitivity due to increased selectivity. Figure 7 compares the second MRM transition for glyphosate and the MS3 transition using either QTRAP 6500+ or the SCIEX 7500 system.

References

- [1] European Parliament, Council of the European Union. (2020). Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption. (2020/2184).

Alternative column with the QTRAP 6500+ system

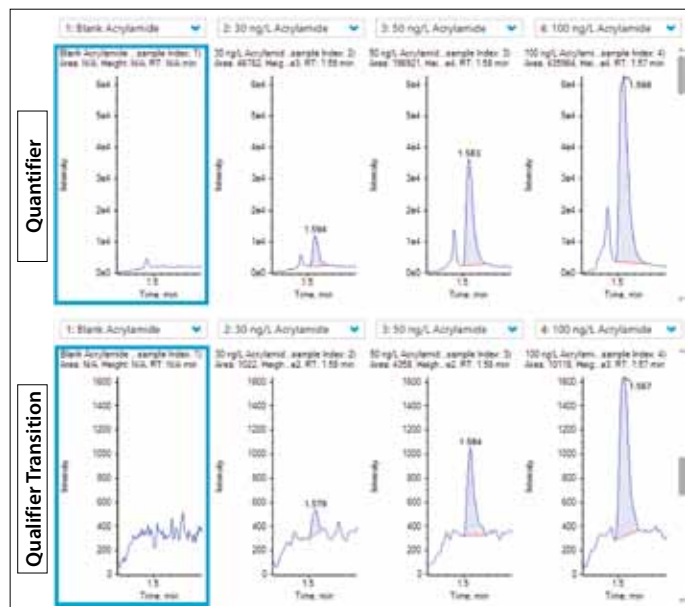


Fig. 1: XICs of acrylamide at multiple concentrations for both the quantifier ($m/z\ 72 > 55$) and qualifier ($m/z\ 72 > 27$) transition when using the alternative column with the QTRAP 6500+ system.

When using the alternative column, the retention time is only 1.5 min, meaning that with this setup, the peak is very close to the void volume. In addition, for the qualifier transition, the 30 ng/L peak is barely detectable.

Recommended column with the QTRAP 6500+ system

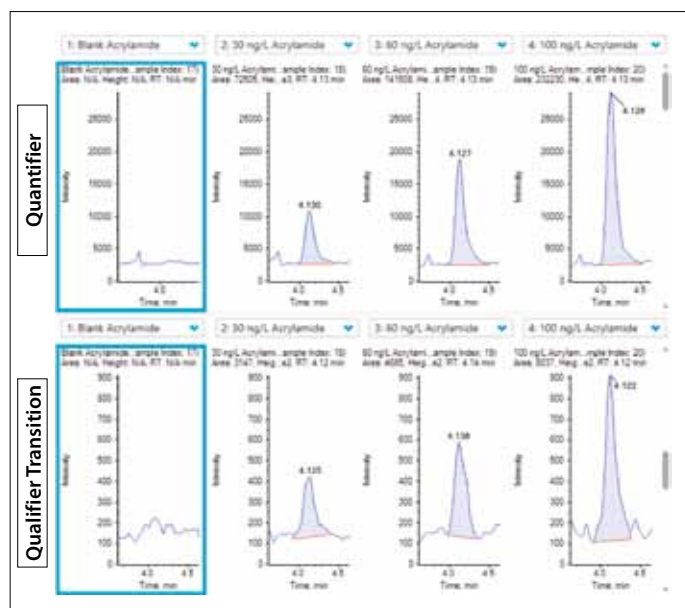


Fig. 2: XICs of acrylamide at multiple concentrations for both the quantifier ($m/z\ 72 > 55$) and qualifier ($m/z\ 72 > 27$) transition when using the recommended column and the QTRAP 6500+ system.

Compared to the alternative column, the retention time here is much longer (~4 min instead of ~1.5 min), meaning that it is well-resolved from the void volume. The sensitivity is also improved with this column, demonstrated at 30 ng/L where both transitions provide a satisfactory peak.

Recommended column with the SCIEX 7500 system

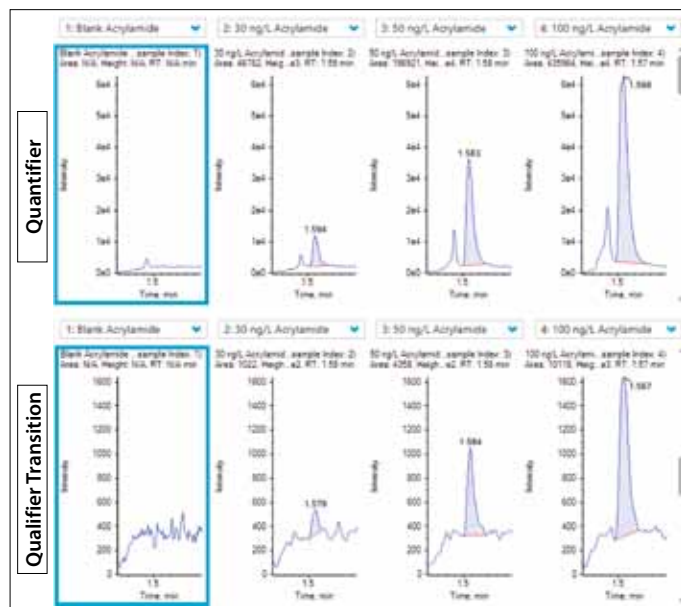


Fig. 3: XICs of acrylamide at multiple concentrations for both the quantifier ($m/z\ 72 > 55$) and qualifier ($m/z\ 72 > 27$) transition when using the recommended column and the SCIEX 7500 system.

When using the SCIEX 7500 system, the sensitivity is improved compared to the QTRAP 6500+ system, demonstrated by the XICs showing acrylamide at 10 ng/L for both the quantifier and qualifier transition, which is not possible when using the same method on the QTRAP 6500+ system.

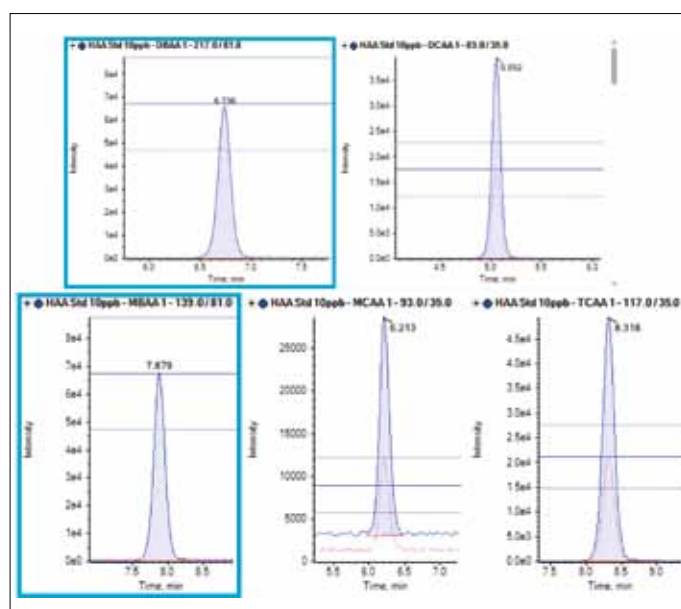


Fig. 4: XIC overlays of each haloacetic acid at 10 µg/L on the QTRAP 6500+ system. These images show overlays of both the quantifier and qualifier ion for each analyte. Ion ratio lines depict where the peak apex of the qualifier ion should sit to be within 70%–130% of the ion ratio tolerance. DBAA: quantifier ion – $m/z\ 217 > 81$, qualifier ion – $m/z\ 215 > 79$. DCAA: quantifier ion – $m/z\ 83 > 35$, qualifier ion – $m/z\ 85 > 37$. MBAA: quantifier ion – $m/z\ 139 > 81$, qualifier ion $m/z\ 137 > 79$. TCAA: quantifier ion – $m/z\ 117 > 35$, qualifier ion $m/z\ 119 > 37$.



Mehr Nachhaltigkeit im Labor mit Ionenchromatographie

- umweltfreundlich
- wirtschaftlich
- 100% Leistung



Profitieren Sie von unserem Know-how

- Organische Fluorverbindungen (PFAS) mit Combustion IC nach DIN 38409-59 (AOF)
- Trifluoressigsäure (TFA) nach DIN 38407-53
- Halogenessigsäuren (HAA)



www.metrohm.de

Metrohm
Deutschland

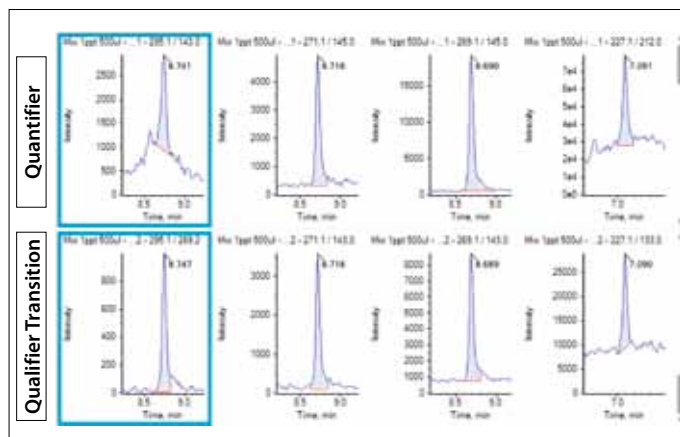


Fig. 5: XICs of the steroid hormones analyzed along with BPA at 1 ng/L. These images show the sensitivity achievable when using the SCIEX 7500 system. Quantifier transition – m/z 295 > 143, qualifier ion – m/z 295 > 269.

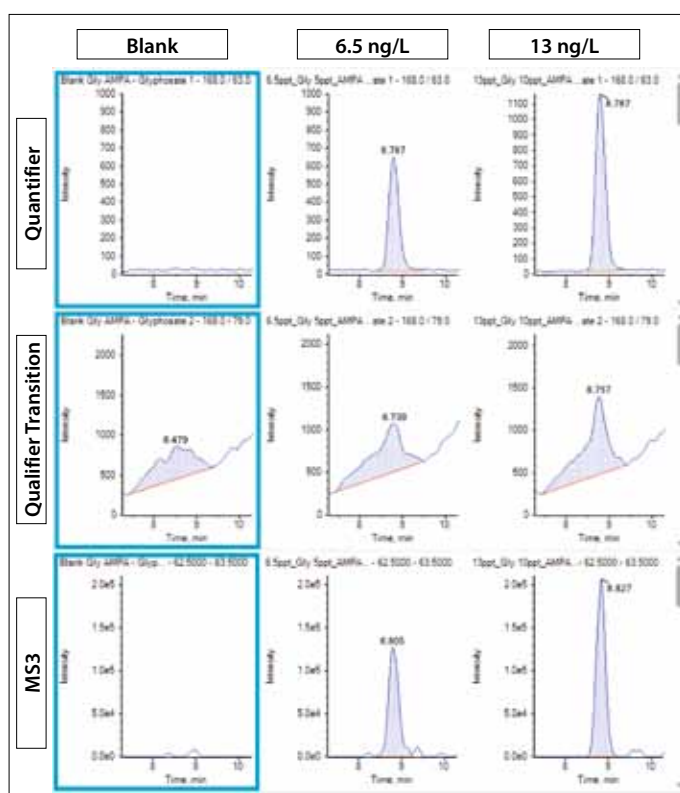


Fig. 6: XIC comparisons for glyphosate showing the quantifier and qualifier transition alongside the MS3 transition, highlighting the increased selectivity when using MS3 compared to the qualifier transition, improving the sensitivity of the method. Glyphosate quantifier transition – m/z 168 > 63, qualifier transition – m/z 168 > 79, MS3 transition – m/z 168 > 150 > 63.

Authors | Contact

Josep Lliberia Blasco¹ | Carlos Bueno¹ | Oscar Quintela¹ | Jack Steed² | Michael Scherer³ | Jianru Stahl-Zeng³

¹ SCIEX Spain | ² SCIEX UK | ³ SCIEX Germany

AB SCIEX Germany GmbH

Landwehrstraße 54 | D-64293 Darmstadt | www.sciex.com

Glyphosat im Abwasser

Untersuchung des Zu- und Ablaufs von kommunalen Kläranlagen

Dr. Nicolai Bätz | Dr. Christoph Härtel | Dr. Detlef Düputell | Christian Högel | Dr. Jochen Türk

Wird im Abwasserreinigungsprozess der untersuchten Kläranlagen Glyphosat gebildet? Wird Glyphosat und AMPA kontinuierlich aus Kläranlagen in Oberflächengewässer eingetragen und gibt es Hinweise auf eine Bildung aus Vorläufersubstanzen?

Einleitung

Glyphosat wird als nicht-selektives Totalherbizid vor allem in der Landwirtschaft eingesetzt. Durch Abschwemmungen sowie Entwässerung gelangen Glyphosat und der Metabolit AMPA (Aminomethylphosphonsäure) als punktuelle Einträge in die Gewässer. Laut Schwientek et al. (2024) erfolgt der Eintrag von Glyphosat in die Oberflächengewässer nicht hauptsächlich durch die Landwirtschaft, sondern zu einem hohen Anteil durch Kläranlagenabläufe. Dabei allerdings nicht aufgrund von Anwendungen im Einzugsgebiet der Kläranlagen, sondern als Abbauprodukt einer Vorläufersubstanz. Als Begründung werden die unterschiedlichen Jahreszeitlichen Konzentrationsprofile aus Gewässern der EU bzw. den USA angeführt. Konzentrationsspitzen beschränken sich in der EU nicht allein auf Applikationszeiten in der Landwirtschaft im Frühjahr und Sommer wie in den USA. Als potentielle Vorläufersubstanz für die Bildung von Glyphosat in den Kläranlagen wurde die Substanz DTPMP (Diethylenetriaminpenta(methylenphosphonsäure)) identifiziert (Röhnelt et al., 2025). Dabei handelt es sich um einen Waschmittelzusatz aus der Stoffgruppe der Phosphonate der zwar in Europa aber nicht in den USA zur Wasserenthärtung eingesetzt wird. Die Bildung von Glyphosat und AMPA aus DTPMP in Anwesenheit von Manganoxid und Sauerstoff wurde seitens der Arbeitsgruppe in experimentellen Versuchen bestätigt. In weiteren Experimenten konnte die Bildung in Belebtschlamm, insbesondere unter anaeroben Bedingungen, beobachtet werden (Engelbart et al., 2025). Die Autoren sehen damit die These bestätigt, dass Glyphosat und AMPA in Europa zu einem großen Teil aus Kläranlagen als Abbauprodukt von DTPMP in die Gewässer eingetragen werden.

Zur Aufklärung einer möglichen Bildung von Glyphosat und AMPA auf Kläranlagen (KA) wurde im Frühjahr 2025 ein Untersuchungsprogramm auf sechs KA der drei Wasserverbände Ruhrverband (RV) sowie Emschergensossenschaft/Lippeverband (EGLV) mit Ausbaugrößen zwischen 15.000 und 141.000 EW durchgeführt.

Material und Methoden

Auf den KA A, B und C (EGLV) sowie D, E und F (RV) wurden dazu über sieben Tage (KA C 14 Tage) 24-Stunden-Mischproben vom Zu- und Ablauf untersucht.

Die Abwasserproben wurden zentrifugiert, mit isotonenmarkierten Standards von Glyphosat und AMPA versetzt und mittels Boratpuffer auf pH 8 – 9 eingestellt. Im Anschluss erfolgt die Derivatisierung der Analyten mit Fluorenylmethoxycarbonylchlorid (FMOC-Cl). Bei Bedarf werden die Proben filtriert und 100 µL in das LC-MS/MS-System (Agilent 1280 Infinity II Serie mit Sciex QTRAP 6500+) injiziert. Die chromatographische Trennung erfolgte bei 40 °C mit einem 20-minütigen Gradienten aus Wasser und Methanol mit jeweils 2 mmol Ammoniumcarbonat bei einer Flussrate von 0,3 ml/min mit einer Zorbax Eclipse XDB C18, 1,8 µm, 100 x 4,6 mm HPLC-Säule und 50 mm Vorsäule des gleichen Materials. Die Identifizierung und Quantifizierung der Analyten erfolgte nach negativer Elektronenspray-Ionisation (ESI-) bei -4000 V durch massenspektrometrische Detektion anhand der MRM-Übergänge m/z 390 → 168 für Glyphosat-FMOC (Verifizierung m/z 390 → 150) sowie m/z 332 → 110 für AMPA-FMOC (Verifizierung m/z 332 → 136).

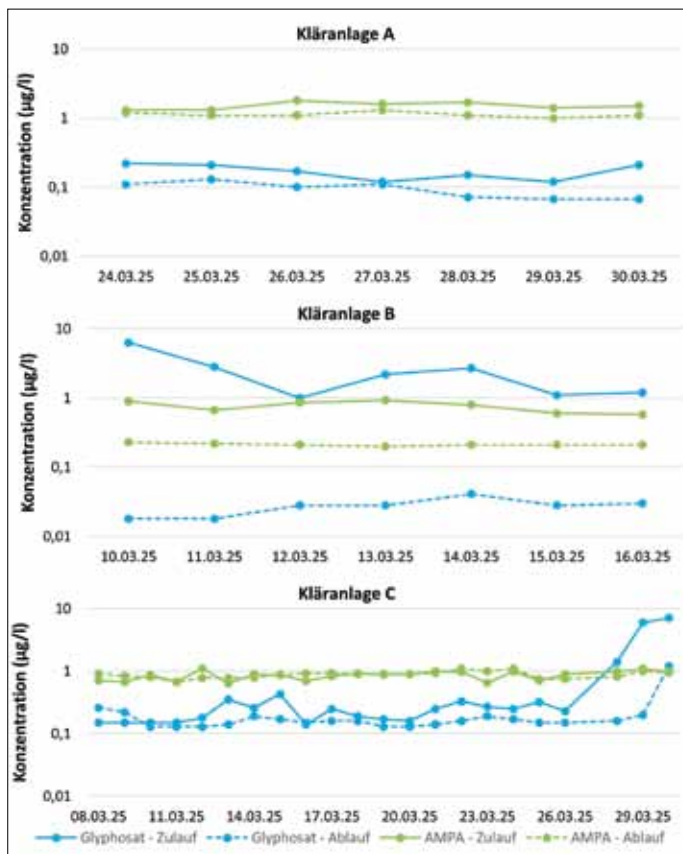


Abb. 1: Wochengang der Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen auf den Kläranlagen A-C

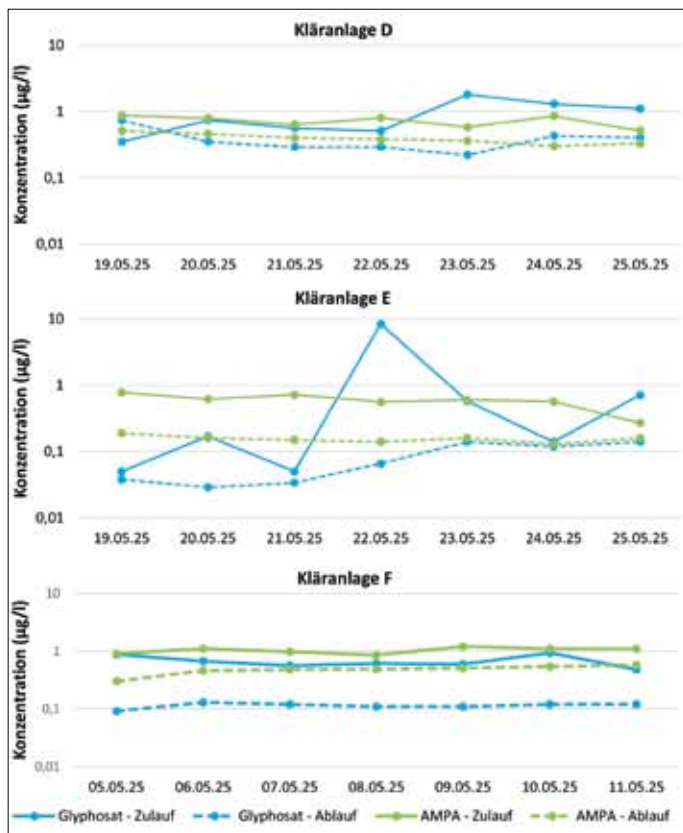


Abb. 2: Wochengang der Glyphosat- und AMPA-Konzentrationen auf den Kläranlagen D-F

Das entwickelte LC-MS/MS Verfahren ist anwendbar für Trink- und Oberflächenwasser sowie Kläranlagenab- und -zuläufe in einem Arbeitsbereich von 0,01 – 3,0 µg/L. Die erzielte Bestimmungsgrenze (BG) lag jeweils bei 0,01 µg/L. Kläranlagenzuläufe wurden vor der Injektion 1:10 verdünnt, so dass hier die BG bei 0,1 µg/L lag.

Ergebnisse

Die Zulaufbelastung unterliegt im Wochengang signifikanten Schwankungen, die auf den einzelnen Anlagen unterschiedlich ausgeprägt sind. Für Glyphosat weisen die KA B, C und E Belastungsspitzen im Zulauf auf. Die Konzentrationen für die weiteren drei Anlagen sind eher konstant (Abb. 1 und 2). Auf den KA A, C und E liegt die Zulaufbelastung durch AMPA deutlich über den Glyphosatwerten, was auf Umsetzungsprozesse im Kanalsystem hinweist. Auf der KA B ist die Glyphosatbelastung im Zulauf höher und auf der KA F auf einem ähnlichen Niveau wie die Belastung mit AMPA. Das Bild auf der KA D ist uneinheitlich.

Die Konzentrationen an Glyphosat und AMPA sind in den Zulaufproben mit wenigen Ausnahmen höher als in den Ablaufproben, was eine Bildung dieser Substanzen im Abwasserreinigungsprozess unwahrscheinlich macht (Abb. 1 und 2). Es ergeben sich signifikante Eliminationsleistungen sowohl für Glyphosat mit Werten zwischen 46 und 99 % als auch für AMPA mit Werten zwischen 23 und 72 % (Abb. 4). Verantwortlich für die negative Reinigungsleistung von AMPA auf der KA C – sowie für die im Vergleich niedrigeren Eliminationsraten auf den KA A, D und F – ist wahrscheinlich wie bei Venditti et al. (2023) eine Rückbelastung durch Schlammwasser. Auf den KA D und F wird das Wasser aus der Schlammmentwässerung wieder in den Abwasserreinigungsprozess zurückgeführt, so dass hier eine interne Rückbelastung vorliegt. Der Überschussschlamm der KA A und C wird auf einer weiteren KA behandelt. Die beiden KA erhalten anschließend anteilig Zentratwasser zurück. Hierbei ist nicht gewährleistet, dass Menge und Belastung dem Anteil der jeweiligen Kläranlage entsprechen. Die KA B und E erhalten keine Schlammwasserrückführung und erreichen die im Vergleich höchsten Eliminationsraten von über 90 % für Glyphosat und um 70 % für AMPA. Von den relevanten Schlammwässern wurden Stichproben zur Einschätzung der Rückbelastung untersucht (Tab. 1). Die Schlammwässer weisen im Vergleich zu den Abwasserproben deutlich höhere Gehalte an Glyphosat und AMPA auf, was auf eine Rücklösung im Faulprozess hinweist.

Im aktuellen Vorschlag für eine geänderte EU-Richtlinie für Umweltqualitätsnormen (UQN) ist für Glyphosat eine UQN von 86,7 µg/L in Oberflächengewässern vorgesehen. In Oberflächengewässern mit Rohwasserentnahme für die Trinkwasseraufbereitung wird eine Orientierung am Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/L diskutiert.

Dieser Wert wird trotz Eliminierung von allen KA außer der KA B im Ablauf konstant oder zumindest teilweise überschritten (Abb. 1-4) und könnte im aufnehmenden Gewässer zu Überschreitungen und Problemen bei der Trinkwasseraufbereitung führen.

Fazit

Das Glyphosatmonitoring gibt keinen Hinweis auf eine Bildung von Glyphosat im Abwasserreinigungsprozess der untersuchten Kläranlagen. Im Gegenteil wurde ein signifikanter Abbau festgestellt. Die relativ konstanten Konzentrationen in den Zuläufen der Kläranlagen deuten allerdings auch nicht auf kurzzeitige punktuelle Einträge aus der Landwirtschaft oder Privatanwendungen im Einzugsgebiet der KA, sondern auf einen kontinuierlichen Eintrag – vermutlich aus dem Abbau von Phosphonaten aus Waschmitteln im Kanalsystem – hin. Die Bildung von Glyphosat und Umsetzung zu AMPA im Kanalsystem müsste in weitergehenden Untersuchungen bestätigt werden. Hierbei sollten die aus Waschmitteln stammenden Phosphonate als Vorläufersubstanzen von Glyphosat und AMPA mitbetrachtet werden. Da die vierte Reinigungsstufe Glyphosat und AMPA nicht flächendeckend entfernen können, ist zur Reduzierung der Kläranlageneinträge in die Oberflächengewässer und dem Schutz von Rohwasserressourcen ein Phasing-out der Phosphonate aus Waschmitteln anzuraten.

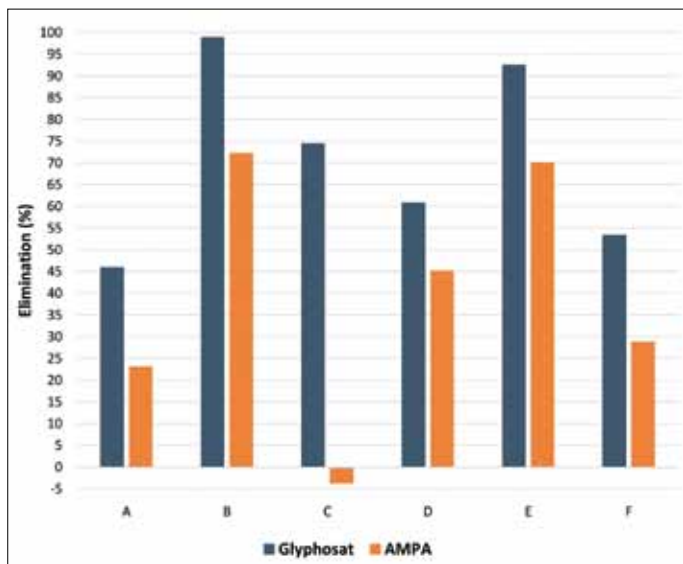


Abb. 3: Eliminationsraten von Glyphosat und AMPA auf den Kläranlagen KA A-F

Tab. 1: Glyphosat- und AMPA-Konzentration im Schlammwasser der KA A-F in µg/L

Kläranlage	Datum	Glyphosat	AMPA
A	02.09.2025	<30	50
B	02.09.2025	13	63
C	04.09.2025	15	54
D	19./21./22.05.2025	13	22
E	19./21.05.2025	<1,0	1,9
F	06.-08.05.2025	10	12

Literatur

- [1] M. Schwientek, H. Rügner, S.B. Haderlein, W. Schulz, B. Wimmer, L. Engelbart, S. Bieger, C. Huhn (2024). Glyphosate contamination in European rivers not from herbicide application?. Water Research, 263, 122140. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122140>.
- [2] A.M. Röhneit, P.R. Martin, M. Athmer, S. Bieger, D. Buchner, U. Karst, C. Huhn, T.C. Schmidt, S.B. Haderlein (2025). Glyphosate is a transformation product of a widely used aminopolymorphosphate complexing agent. Nature Communications 16, 2438. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57473-7>.
- [3] L. Engelbart, S. Bieger, K. Thompson, L. Fischer, T. Bader, M. Kramer, S.B. Haderlein, A.M. Röhneit, P.R. Martin, D. Buchner, R. Bloch, H. Rügner, C. Huhn (2025). In-situ formation of glyphosate and AMPA in activated sludge from phosphonates used as antiscalants and bleach stabilizers in households and industry. Water Research, 280, 123464. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123464>
- [4] S. Venditti, A. Kiesch, J. Hansen (2023). Fate of glyphosate and its metabolite AminoMethylPhosphonic acid (AMPA) from point source through wastewater sludge and advanced treatment. Chemosphere, 340, 139843. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139843>.
- [5] Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL amending Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy, Directive 2006/118/EC on the protection of groundwater against pollution and deterioration and Directive 2008/105/EC on environmental quality standards in the field of water policy. Council of the European Union, 08/10/2025, Document ST_13706_2025_INIT.



Autoren | Kontakt

**Dr. Nicolai Bätz | Dr. Christoph Härtel | Dr. Detlef Düputell |
Christian Högel | Dr. Jochen Türk**

Kooperationslabor

Ruhrverband und Emschergenossenschaft/Lippeverband

Kronprinzenstraße 37 | 45128 Essen | www.ruhrverband.de | www.eglv.de

v4.3
enviMass
Software

large-scale
Profiling
Nontarget screening

MSⁿ GC-/LC-MS

Workflow for
mass spec
data analysis

www.envimass.ch

Support
Training
UI

QC
EICs
Peak picking
Recalibration
Alignment
Normalization
Replicates
Blank subtraction
Parameter estimation
LOD interpolation
Embedded scripting

Cross-platform
Open data access
Project management
Customization
Expert mode
Reporting
Speed

Targets
Suspects
Calibration
Quantification
Recoveries
Watch list

Trend detection
Multivariate
Statistics
Time series

Clustering
Homologue series
Comparison editor
Similarity search
Spatial analysis
Batch upload
DDA, DIA



4 for all?

PFAS-Nachweis in Wasser über Summenparameter

Andreas Ganzbuhl | Dr. Leonie Hacker | Dr. Stefanie Seipp

Es gibt Tausende verschiedene PFAS, die alle äußerst robust und prädestiniert sind, sich in der Umwelt anzureichern. Der Schlüssel zum Nachweis einer so vielfältigen Produktgruppe liegt in Summenparametern.

Wer sich mit Trinkwasseranalytik beschäftigt, kommt um sie nicht mehr herum: PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) beschäftigen Behörden und Labore weltweit und bringen neue Herausforderungen für die Analytik mit. Die sogenannten Ewigkeitschemikalien umfassen über 10 000 verschiedene Verbindungen. Für den Nachweis kommt oft die konventionelle LC-MS/MS-Analytik zum Einsatz. So hat die US-amerikanische Umweltschutzbehörde EPA drei Methoden publiziert, mit denen sich 29 PFAS in Trinkwasser nachweisen lassen (EPA 533, 537 und 537.1) [1]. Während solche Analysen hochempfindlich und quantitativ sind, haben sie den Nachteil, dass sie ausschließlich auf zuvor ausgewählte Analyten testen. Sich lediglich auf Einzelstoffe zu konzentrieren, ist aber oft zu kurz gedacht.

Hier kommen Non-Target-Methoden ins Spiel, bei denen auf allgemeine Merkmale geprüft wird – bei PFAS etwa der EOF-Wert (extractable organically bound fluorine). Eine Studie an Oberflächenwasser deutscher Flüsse demonstrierte die Bedeutung der Non-Target-Analytik [2]. Die Forscher testeten Wasserproben mit klassischer LC-MS/MS sowie mit EOF-Summenparametern, ermittelt durch hochauflösende Molekülabsorptionsspektrometrie (HR-CS-GFMS). Das Ergebnis: Lediglich 14 Prozent des per EOF bestimmten Fluorgehalts konnten mit Target-Analysen zugeordnet werden. Über 85 Prozent der Fluorverbindungen blieben bei der Target-Analytik unentdeckt. Diese analytische Lücke wirft die Frage auf, warum sich die Routineanalytik dennoch auf wenige Zielsubstanzen beschränkt.

Summenparameter als pragmatische Lösung

Der Fokus auf etablierte Summenparameter wie PFAS-4 oder PFAS-20 hat pragmatische Gründe: Für diese Verbindungen existieren validierte Analysemethoden, Standards und toxikologische Bewertungen [3]. Für die Summe PFAS-4 wird ab 12. Januar 2028 ein gesetzlicher Grenzwert in der Trinkwasserverordnung gelten. Die vier enthaltenen Stoffe PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS machen laut Umweltbundesamt etwa 50 Prozent der PFAS in der

menschlichen Nahrungsaufnahme aus beziehungsweise etwa 90 Prozent der internen Körperbelastung [3]. Damit eignen sie sich als Indikator für die generelle Belastung von Wasserproben und können zeigen, wie gut Maßnahmen zur Entfernung der Ewigkeitschemikalien aus Wasser greifen. Welche Methoden einzusetzen sind, ist eine Frage der verfügbaren Ressourcen und des Analyseziels. Für flächendeckende und vor allem vergleichbare Kontrollen sind Summenparameter wie PFAS-4 und PFAS-20 aktuell ideal. Bei der Erforschung der PFAS-Belastung braucht es aber ergänzend Non-Target-Screenings und eine angeschlossene qualitative Analytik, um unbekannte Substanzen aufzuspüren und deren Gefährdungspotenzial zu bewerten. Carl Roth bietet mit dem Standardmix PFAS-20-Standard eine umfassende Lösung für die PFAS-Analytik. Darüber hinaus sind die vier am häufigsten nachgewiesenen PFAS – PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS – als Einzelstandards erhältlich. Diese Produkte sowie ein umfangreiches Sortiment für die Chromatografie, spezielles Zubehör wie QuEChERS-Kits, hochwertige Lösungsmittel oder Verbrauchsmaterialien findet man im Carl-Roth-Webshop unter carlroth.com.

Literatur

- [1] <https://www.sigmaaldrich.com/DE/de/technical-documents/technical-article/environmental-testing-and-industrial-hygiene/drinking-water-testing/lc-ms-analysis-of-pfas-compounds>
- [2] <https://analyticalscience.wiley.com/content/article-do/requirement-complementary-methods-pfas-analysis>
- [3] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/13195/dokumente/empfehlung_des_umweltbundesamtes_-_bewertung_der_pfas-20_aus_der_trinkwasserverordnung.pdf

Autoren | Kontakt

Andreas Ganzbuhl | Dr. Leonie Hacker | Dr. Stefanie Seipp
 Carl Roth GmbH + Co. KG | Schoemperlenstr. 3-5 | 76185 Karlsruhe
info@carlroth.de | www.carlroth.de

Auf der Suche nach



?



Angebote zum Freuen aus den Bereichen
Laborbedarf, Life Science & Chemikalien
finden Sie unter **carlroth.com**.

Dopaminkick inklusive, dank **schneller
und zuverlässiger Lieferung**.



Supporting science.
Improving lives.



Innovative toxikologische Bewertung der Effizienz von Kläranlagen

Schadstoffscreening von Kläranlagenwasser mittels planarem Bioassay, human-S9-Metabolisierung und Massenspektrometrie

Anne Ringelmann | Prof. Dr. Gertrud Morlock

Die effiziente Methode hat das Potential die Leistungstärke von Kläranlagen zu untersuchen, neuartige Wasseraufbereitungen wie die Ozonierung zu evaluieren sowie gefährliche Schadstoffe zu identifizieren.

Die wirkungsbezogene Non-Target-Analytik mittels Planar-Chromatographie und planarem Bioassay wurde mit der metabolischen Aktivierung/Deaktivierung mittels human-S9-Leberenzymfraktion erweitert. Die Giftung/Entgiftung von Schadstoffen in Wasserproben bildet somit den menschlichen Metabolismus sehr gut ab. Die detektierten Schadstoffe wurden automatisiert online eluiert und mittels Hochauflösungs-Massenspektrometrie charakterisiert. Diese effiziente Methode hat das Potential die Leistungstärke von Kläranlagen zu untersuchen, Wasseraufbereitungen zu evaluieren und gefährliche Schadstoffe zu identifizieren.

Komplexität und Herausforderung

Neu auftretende Schadstoffe (emerging pollutants) umfassen eine Vielzahl meist unregulierter Substanzen wie Abbauprodukte, Photooxidationsprodukte, Metaboliten, Kontaminanten, Hilfsstoffe, Zusatzstoffe, Wirkstoffe, Rückstände etc. Sie können persistent, karzinogen, teratogen, zytotoxisch, neurotoxisch oder endokrin wirksam sein. Es ist unüberschaubar im globalen Warenverkehr, was in die Umwelt gelangt durch Einsatz von Pestiziden und Arzneimitteln, Herstellung und Prozessierung, Wasch- und Reinigungsmittel, Kosmetika, Flammschutzmittel, etc. Der Weg in die Umwelt erfolgt häufig über das Abwasser in die Kläranlagen und dann in das Fließgewässer. Eine geeignete, angepasste Abwasserbehandlung ist daher für den Schutz der Umwelt, der menschlichen Gesundheit und der Wasserressourcen unerlässlich. Um die Wasseraufbereitung zu optimieren, wird daher die Einführung einer zusätzlichen Reinigungsstufe mittels Ozonisierung oder Aktivkohlefiltration diskutiert. [1-3]

Die Analytik von Schadstoffen wird primär mit Zielsubstanz-(Target)-Methoden wie der HPLC-MS oder GC-MS durchgeführt. Hierbei können allerdings unbekannte Schadstoffe übersehen werden. Daher werden zunehmend Non-Target-Methoden wie *in vitro* Bioassays angewendet, wobei die komplexe

Probe nur als Effekt-Summenwert bewertet wird und es zu falsch-positiven oder falsch-negativen Ergebnissen kommen kann (durch geringe Löslichkeit, assoziierte Zelltoxizität, Signalquenching etc.). Um die Sensitivität zu erhöhen, werden zudem meist spezifische Anreicherungen wie die Festphasen-Extraktion eingesetzt, wodurch nicht alle Substanzen einer Probe erfasst werden können. [4-6] Bisher wird die Metabolisierung von Substanzen mit Ratte-S9-Leberfraktion durchgeführt (3R-Prinzip zur Tierleidminimierung). Durch eine Induktion der Cytochrom-P450-Enzyme mit β -Naphthoflavon/Phenobarbital in verschiedenen Rattenstämmen, kann es jedoch zu Variabilitäten und damit einer geringen Vergleichbarkeit von Studienergebnissen und auch Unsicherheiten zur Relevanz für den Menschen kommen. [7-8]

Paralleles Schadstoff-Profilings

Die Kopplung der planar-chromatographischen Trennung mit einer planaren (multiplex) Bioassay-Detektion auf derselben Adsorbensoberfläche ermöglicht eine schnelle Erkennung und Priorisierung einzelner Schadstoffe in Wasserproben, die parallel analysiert gut vergleichbar sind und durch die geringe Probenvorbereitung sehr umfassend bewertbar sind. Durch die Auftrennung können einzelne Schadstoffe mit unterschiedlichen Effekten und deren Giftung/Entgiftung mittels human-S9-Leberenzymfraktion toxikologisch relevant bewertet werden.

Wasser unterschiedlicher Reinigungsstufen einer Kläranlage wurde untersucht hinsichtlich endokriner Wirkung, Genotoxizität, Mutagenität, Zytotoxizität und Neurotoxizität. In den Bioprofilen der Zuläufe zur Kläranlage wurden zytotoxische, estrogene/antiestrogene, genotoxische, neurotoxische/-modulierende und mutagene Substanzen detektiert (Abb. 1). Diese konnten nicht vollständig, aber zu einem großen Teil durch die herkömmliche Reinigungsstrategie der Kläranlage entfernt werden. Spuren einer

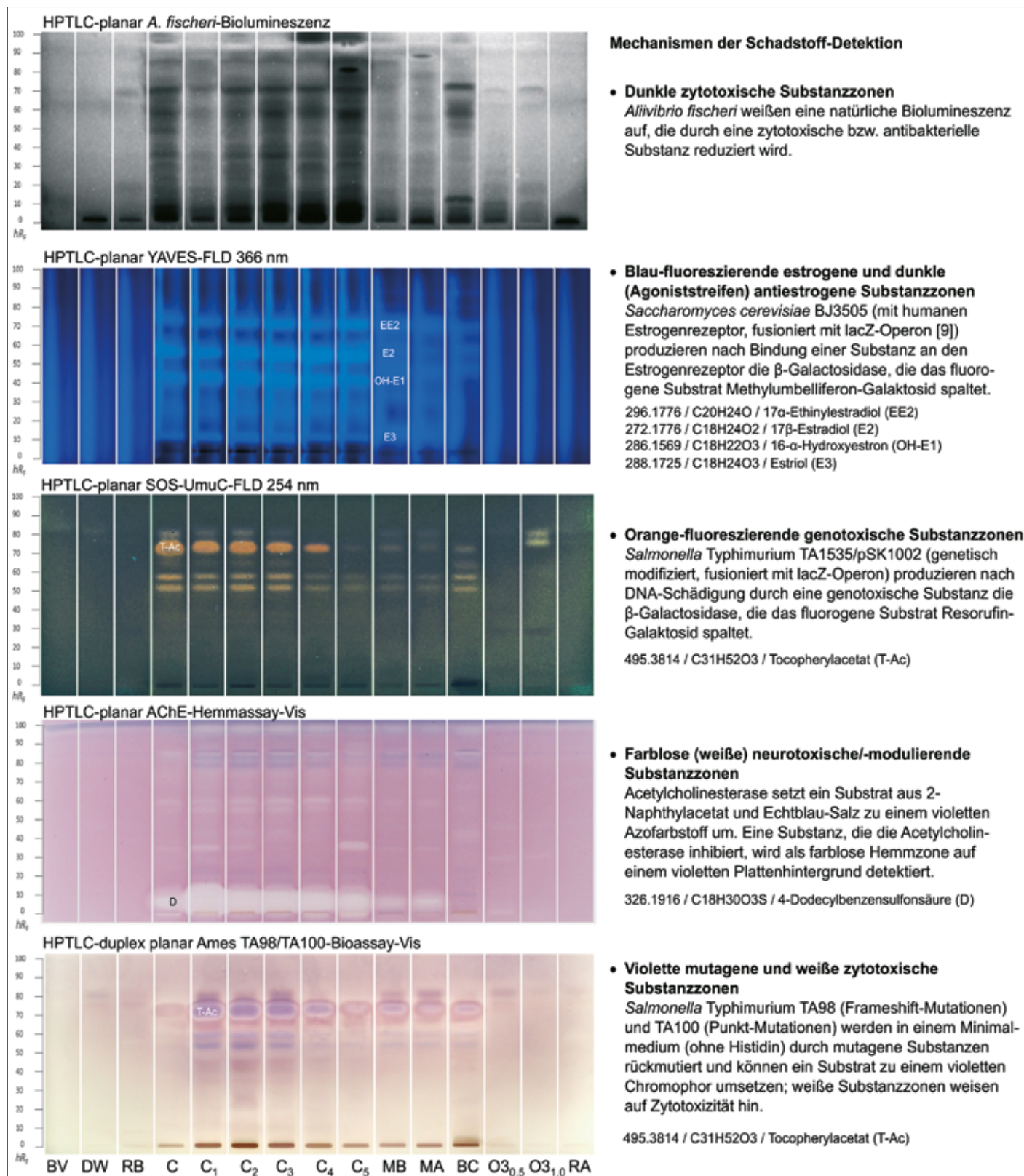


Abb. 1: Schadstoff-Screening von behandelten Wasserproben einer Kläranlage.

mutagenen Substanz konnte allerdings auch im Leitungswasser und dem Fluss vor/nach Einleitung detektiert werden. Die Analyse des ozonierten Klärwassers zeigte, dass neue zytotoxische, genotoxische, mutagene und neurotoxische Substanzen entstehen. Eine nachgeschaltete Aktivkohlefilterung sollte bedacht oder in künftigen Analysen auf Wirksamkeit getestet werden.

Nach automatisierter Online-Elution ausgewählter Schadstoffzonen in die Hochauflösungs-Massenspektrometrie wurden diese jeweils einer Substanz

tendenziell zugeordnet und durch gekaufte und co-entwickelte Referenz-Standards und entsprechendem Wirkungsnachweis mit einem erneuten planaren Bioassay abgesichert. Gefunden wurden als

- estrogenartige Substanzen: 17 α -Ethinylestradiol, 17 β -Estradiol, 16 α -Hydroxyestron und Estriol
- genotoxische und mutagene Substanz: Tocopherylacetat
- neurotoxische Substanz: 4-Dodecylbenzensulfonsäure

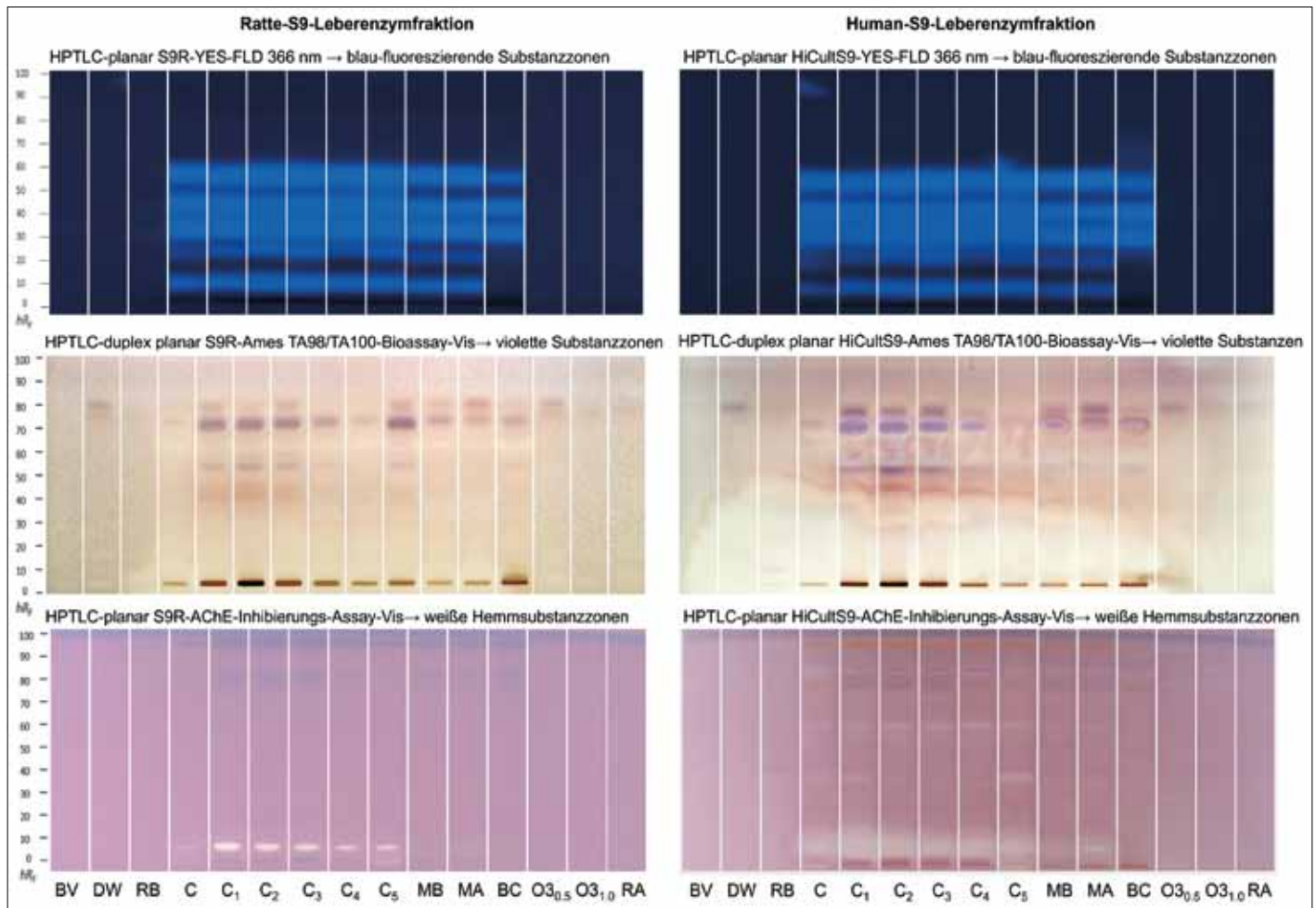


Abb. 2: Schadstoff-Screening von behandelten Wasserproben einer Kläranlage mit metabolischer Aktivierung/Deaktivierung der Substanzen durch Ratte-S9-Enzymfraktion (S9R) versus human-S9-Leberenzymfraktion (HiCultS9).

Die (Bio)autogramme zeigen diverse Schadstoffe in Blindwert (BV), Trinkwasser (DW), Flusswasser vor Einleitung in Kläranlage (RB), Hauptsammler Zulauf (C), 5 einzelne Zuflüsse zur Kläranlage (C₁–C₅), vor mechanischer Reinigung (MB), nach mechanischer Reinigung (MA), biologische/chemische Reinigung (BC), Ozonbehandlung (O₃, 0.5 bzw. 1.0 g/g DOC) und Flusswasser nach Einleitung des aufbereiteten Kläranlagenwassers (RA).

Metabolische Aktivierung/Deaktivierung mittels human-S9-Leberenzymfraktion

Die Metabolisierung mit Ratte-S9-Enzymfraktion wurde verglichen mit biotechnologisch hergestellter human-S9-Leberenzymfraktion (ohne tierische Bestandteile wie fetales Kälberserum), die den menschlichen Metabolismus sehr gut abbildet. Die jeweiligen S9-Leberenzyme mit Cofaktoren wurden zur Zellsuspension oder Enzymlösung des (Bio)assays hinzugefügt und gemeinsam auf der Adsorbensoberfläche mit den parallel getrennten Wasserproben inkubiert. Eine Aktivierung/Deaktivierung der Substanzen (Signaländerungen) wurde durch eine jeweils mitgeführte Vergleichsplatte ohne Metabolisierung beurteilt (Abb. 1). Für die blau-fluoreszierenden estrogenartigen Substanzzonen in den beiden Bioautogrammen (Abb. 2) wurde kein Unterschied in der Aktivierung/Deaktivierung zwischen den Spezies und keine Detoxifizierung festgestellt. Hinsichtlich der violetten mutagenen Substanzzonen war ein deutlicher Spezies-Unterschied ersichtlich, was auf unterschiedliche Isoenzyme hindeutete. Eine leichte Zunahme der Mutagenität sowie eine sehr starke Zunahme der Zytotoxizität (bahnübergreifend weiße Zonen bei hR_F 0–50) war gegeben bei der Metabolisierung mit human-S9-Leberenzymfraktion. Im Vergleich wurde eine Abnahme der Mutagenität und Zytotoxizität bei der Metabolisierung mit Ratte-S9-Enzymfraktion festgestellt.

Einstieg in die leistungsstarke Technologie

Die Methodik liefert umfassende und wichtige Informationen nicht nur zu bekannten, sondern vor allem zu unbekannten Schadstoffen in Wasserproben. Das parallele Schadstoff-Profilierung mit metabolischer Aktivierung/Deaktivierung mittels human-S9-Leberenzymfraktion konnte erfolgreich die Leistungsstärke der Kläranlage untersuchen, neuartige Wasseraufbereitungen wie die Ozonierung evaluieren sowie gefährliche Schadstoffe identifizieren. Das entwickelte Schadstoff-Screening ist kostengünstig (0.5–2 Euro/Probe) und schnell (3–15 min/Probe) und analysiert die zu vergleichenden Wasserproben unter identischen Bedingungen.

Die leistungsstarke HPTLC-Bioassay-Technologie wurde miniaturisiert und das entwickelte open-source 2LabsToGo-Eco [10] mit kontrollierter Plattenaktivität [11] ist für den kostengünstigen Einstieg geeignet. Das 2LabsToGo-Eco vereint das analytische HPTLC-Labor und das Bioassay-Labor in einem nachhaltigen System. Die Durchführung der Bioassays unter Einsatz von ready-to-spray-cryostocks ist fast so einfach wie eine Derivatisierung mit Reagenzien. Da der Bioassay entsprechende Schadstoffe detektiert (Abb. 3) [12], kann nichts übersehen werden, denn es müssen mitunter auch verschiedene Interfaces (ESI, APCI und APPI) und Parametereinstellungen getestet werden, um Schadstoffe (Ionisierbarkeit über einen Bereich von 10 Mio.) schließlich zu ionieren und eine Molekularformel zu erhalten. Nach der Elution der Zone vom Bioautogramm kann nachfolgend noch eine Derivatisierungs-Sequenz aufgebracht werden, um weitere Informationen über strukturelle Merkmale zu bekommen. Oftmals reicht die restliche Substanzzone um die Elutionszone dazu aus.

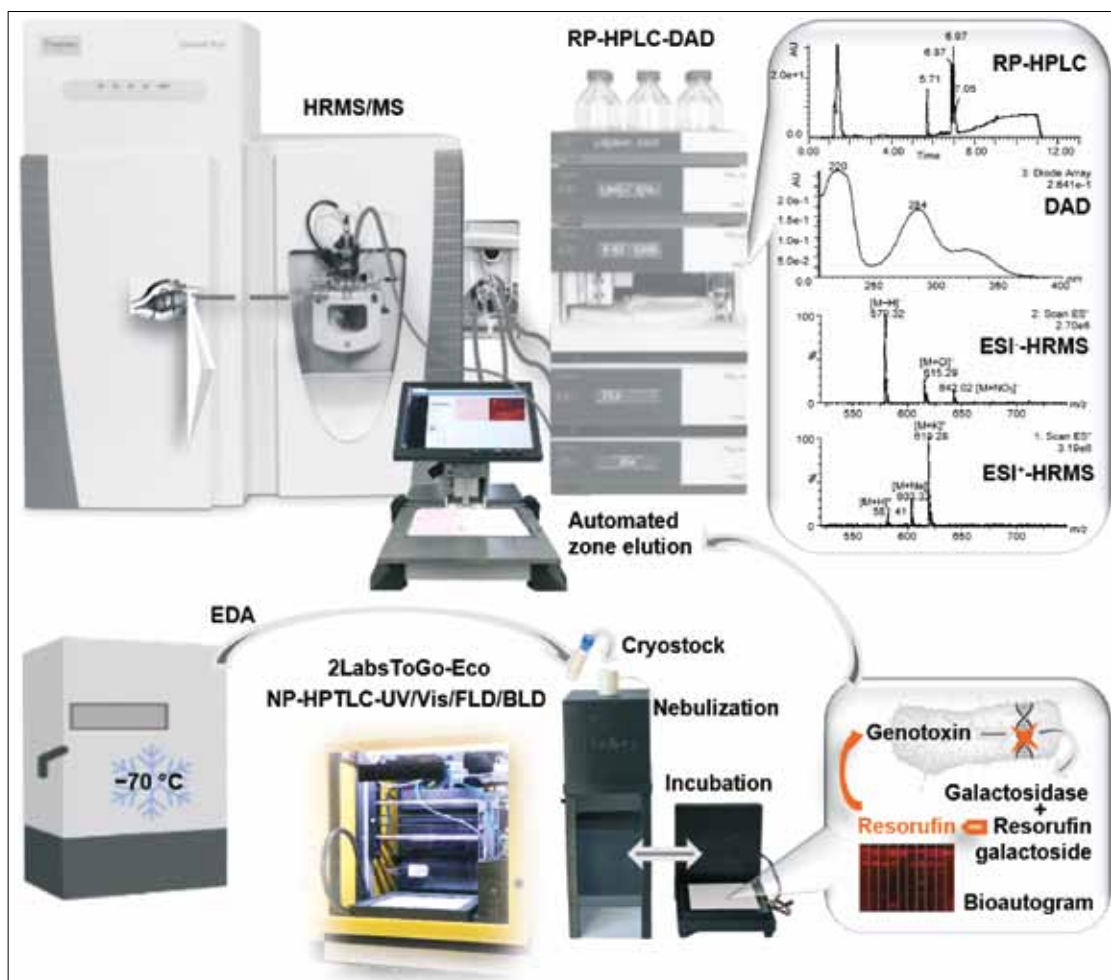


Abb. 3: Nachhaltiges open-source 2LabsToGo-Eco vereinigt miniaturisiert das HPTLC-Labor und Bioassay-Labor (NP-HPTLC–UV/Vis/FLD/BLD–EDA). Im Bioautogramm werden interessante Schadstoffzonen nur angeklickt und dann vollständig automatisiert nacheinander in die MS eluiert (heart cut-HRMS/MS), optional auch über eine zweite orthogonale säulen-chromatographische Trennung (heart cut-RP-HPLC-DAD-HRMS/MS), um die entsprechenden Molekularformeln zu erhalten.

2LabsToGo-Eco ist sowohl für zuverlässiges Screening als auch für quantitative Analysen einsetzbar und zum Selbstzusammenbau [10] bestimmt. Im Vorfeld müssen ca. 180 Teile eingekauft und ca. 125 Teile 3D gedruckt werden. Beim Zusammenbau (ca. 5 Tage) muss man schrauben, bohren und löten können. Man kann es sich über ein Start-up auch zusammenbauen lassen. Die Präzision und Zuverlässigkeit sind mit denen kommerzieller Geräte vergleichbar [10].

Acknowledgement

Unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (INST 162/471-1 FUGG; INST 162/536-1 FUGG). Für die HiCultS9-Bereitstellung danken wir Scinora (Rafz, Switzerland).

Literatur

- [1] Krishnakumar S et al. Environmental Science and Pollution Research 29 (2022) 72309-72311.
- [2] Jiang T et al. Science of The Total Environment 951 (2024) 175664.
- [3] Ahmed J et al. Industrial wastewater and its toxic effects. In: Chemistry in the Environment. Vol. 15. Cambridge: Royal Society of Chemistry. 2021, p. 1-14.
- [4] Tanveer R et al. Chemosphere 359 (2024) 142255.
- [5] McFarlan E et al. Science of The Total Environment 951 (2024) 175672.
- [6] Struk-Sokołowska J et al. Science of The Total Environment 951 (2024) 175387.
- [7] Delgado C et al. PeerJ 12 (2024) e17326.
- [8] Brendt J et al. Science of The Total Environment 759 (2021) 143522.
- [9] McDonell D et al. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology 39 (1991) 291-297.
- [10] Romero MCO et al. Analytica Chimica Acta 1367 (2025) 344103.
- [11] Haase A et al. Analytica Chimica Acta, 2025, 344811.
- [12] Schreiner T et al. Food Chemistry 395 (2022) 133610.

Jährliches Training zu Hyphenated HPTLC

16. – 20.03.2026

Online täglich 9-17 Uhr

Anfragen an

gertrud.morlock@uni-giessen.de



Autorinnen | Kontakt

Anne Ringelmann | Prof. Dr. Gertrud E. Morlock

Justus-Liebig-Universität Gießen

Professur für Lebensmittelwissenschaften

Heinrich-Buff-Ring 26-32 | 35392 Gießen

www.uni-giessen.de/food



Energieeffizienz und Nachhaltigkeit

Nachhaltige Laborinfrastruktur für präzise Wasseranalytik

Manuela Sterns

Wie langlebige Materialien und energieeffiziente Technik den Weg zu umweltbewusster Forschung ebnen, wird an dem nachfolgenden Praxisbeispiel aufgezeigt und erläutert.

Laboratorien sind die Grundlage moderner Wasseranalytik. Hier entstehen die Erkenntnisse, die über die Qualität und Sicherheit einer der wichtigsten Ressourcen unserer Zeit entscheiden. Doch Laborarbeit zählt zu den energie- und ressourcenintensivsten Tätigkeiten überhaupt. Damit Forschung und Umwelt gleichermaßen profitieren, braucht es Laborumgebungen, die Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit vereinen.

Nachhaltigkeit beginnt mit dem richtigen Fundament

In Laboren entstehen wissenschaftliche Pionierleistungen. Forschung und Entwicklung könnten ohne diese hocheffizient ausgestatteten Räume nicht auf höchstem Niveau arbeiten. Gleichzeitig führt ihre Ressourcenintensität zu steigenden Kosten und einem stattlichen CO₂-Fußabdruck, der in vielen Fällen ein Umdenken erfordert. Nachhaltige Ausstattungskonzepte werden bei Laboreinrichtungsunternehmen wie Köttermann zunehmend nachgefragt. Besonders die Materialwahl rückt dabei in den Fokus, denn sie entscheidet wesentlich über Lebensdauer, Hygiene und Ressourceneffizienz eines Labors.

Nachhaltigkeit im Labor beginnt also nicht bei der Nutzung, sondern bereits bei der Planung und Materialwahl. Wo täglich mit Chemikalien, Flüssigkeiten und empfindlichen Proben gearbeitet wird, spielen Beständigkeit und Langlebigkeit der Einrichtung eine zentrale Rolle. Laboreinrichtungen aus Stahl haben sich in diesem Umfeld als ideale Arbeitsbasis erwiesen: Stahl ist nicht brennbar, widerstandsfähig, leicht zu reinigen und über Jahrzehnte formstabil – auch unter dauerhaft hoher Beanspruchung. In flüssigkeitsintensiven Branchen sind diese Eigenschaften entscheidend, um eine gleichbleibend hohe Qualität der Untersuchungen zu gewährleisten. Zudem ist Stahl zu 100 Prozent recyclebar. Seine Langlebigkeit und Wiederverwertbarkeit machen ihn zum ökologisch wie ökonomisch überzeugenden Material.

Smarte Raumluftechnik

Neben der Materialwahl spielt die Energieeffizienz eine entscheidende Rolle. Untersuchungen an der Universität Harvard belegen, dass Laborbereiche durchschnittlich nur rund ein Fünftel der Gebäudefläche ausmachen, dabei jedoch fast die Hälfte der gesamten Energie verbrauchen. Rund 44 Prozent dieses Energiebedarfs entfallen direkt auf die Klimatisierung der Raumluf – ein Bereich, der maßgeblich von der Effizienz der eingesetzten Laborabzüge beeinflusst wird.[1] Wie groß das Einsparpotenzial ist, verdeutlichen Berechnungen des Lawrence Berkeley National Laboratory: Ein Laborabzug, der bei offenem Frontschieber auf maximaler Stufe betrieben wird, kann so viel Energie verbrauchen wie drei Einfamilienhäuser zusammen.[2]

Die Relevanz dieses Themas zeigt eine Schätzung der U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Würde nur die Hälfte aller amerikanischen Labore ihren Energieverbrauch um 30 Prozent senken, entspräche das dem jährlichen Strombedarf von rund 840.000 Haushalten.[3] Vor diesem Hintergrund kommt der Abzugstechnik eine Schlüsselrolle zu.

Laborabzugstechnologie als Nachhaltigkeitsass

Laborabzüge entziehen dem Raum klimatisierte Luft, deren Aufbereitung energieaufwendig und damit teuer sowie umweltbelastend ist. Eine Reduktion des Luftverbrauchs ist deshalb, neben der Arbeitssicherheit, eine der zentralen Anforderungen an die Entwicklung moderner Abzüge.

Innovative Systeme mit variabler Abluftregelung reduzieren den Luftstrom bedarfsgerecht, ohne die Sicherheit zu beeinträchtigen. Der Abluftvolumenstrom wird dabei in Abhängigkeit von der Frontschieberöffnung über eine motorisch angetriebene Stellklappe geregelt. Für jeden Betriebszustand wird dem Laborraum nur so viel Luft entnommen, wie für den sicheren Betrieb



Abb. 1: Sichere Bedienung mit der Abzugselektronik von Köttermann.



Abb. 2: Eingebettet im Grünen, dennoch zentral gelegen ist das neue Kläranlagengelände der Stadtentwässerung Schweinfurt.



Abb. 3: Das moderne Umweltlabor bietet Raum für präzise Analysen.

notwendig ist. Bei geschlossenem Frontschieber lässt sich der Volumenstrom eines Abzugs um etwa 50 Prozent gegenüber dem geöffneten Zustand reduzieren.

Auch die Bedienung spielt eine Rolle. Bei Köttermann Laborabzügen lässt sich die Frontschieberöffnung über die elektronische Bedieneinheit „TouchTronic“ präzise steuern – selbst mit Handschuhen. Der automatische Schutzmechanismus „AutoProtect“ schließt den Frontschieber selbsttätig, sobald die Arbeit im Abzug endet. So wird Energie gespart und gleichzeitig das Gefahrenpotenzial minimiert. Sollte einmal ein Objekt aus dem Abzug herausragen, stoppt „CloseGuard“ den Schieber automatisch über ein Lichtgitter.

Die Senkung der Betriebskosten unter Einhaltung der Sicherheitsanforderungen lässt sich jedoch nicht nur mit einer technisch komplexeren Abluftregelung realisieren. Aufgrund einer optimierten Luftführung benötigt beispielsweise der Köttermann EcoPlus bis zu 30 Prozent weniger Abluftmenge und senkt so deutlich Betriebskosten und Energieverbrauch. Dieser Abzug eignet sich auch für kleinere Analyselabore ohne aufwendige Abluftregelung.

Nachhaltigkeit im Labor endet jedoch nicht bei der Geräteauswahl. Erst in der Gesamtkonzeption von Raum, Material und Luftführung entsteht eine Umgebung, die Energieeffizienz dauerhaft ermöglicht.

Ein nachhaltiges Labor ist mehr als die Summe seiner Geräte

Bereits die architektonische Planung entscheidet darüber, wie effizient Energie und Ressourcen genutzt werden. Dazu gehören eine durchdachte Raumaufteilung, kurze Wege, Zonierung von Arbeitsbereichen und der gezielte Einsatz von Tageslicht.

Köttermann verfolgt in der Planung einen ganzheitlichen Ansatz: Die Einrichtung wird auf den jeweiligen Prozess abgestimmt, um Arbeitsabläufe zu optimieren und ungenutzte Flächen zu vermeiden. So entstehen Laborumgebungen, die gleichermaßen ergonomisch, energieeffizient und sicher sind. Die Visualisierung der Planung in 3D ermöglicht es, frühzeitig nachhaltige Lösungen zu integrieren – von der Medienversorgung bis zur Belüftung.

Labore modular, langlebig und recyclefähig einzurichten, spart wertvolle Ressourcen. Möbel aus Stahl zu wählen, bietet weitere Vorteile: Als modulares Konzept aufgebaut, lassen sich Stahllabormöbel flexibel an neue Anforderungen anpassen oder erweitern.

Beispiel aus der Praxis: Umweltlabor der Stadtentwässerung Schweinfurt

Wie sich diese Prinzipien in der Praxis umsetzen lassen, zeigt das 2023 neu-gestaltete Umweltlabor der Stadtentwässerung Schweinfurt. Hier entstand auf dem komplett sanierten Kläranlagengelände ein knapp 500 qm großes Labor, das Nachhaltigkeit konsequent in Architektur und Ausstattung integriert.

Ein Badesee als Teil eines Kläranlagengeländes ist das Erste, was beim Betreten der weitläufigen Umgebung ins Auge fällt. Bei sommerlichen Temperaturen können sich hier Mitarbeitende der Stadtentwässerung erholen. Er dient zugleich als Beispiel für integrative Landschaftsgestaltung auf Kläranlagengeländen. Auch die Architektur der Gebäude weckt Interesse.

Neben dem üblichen Kläranlagenbetrieb sollen hier in einem Forschungsprojekt mit der Technischen Universität München Lösungen, um möglichen Wasserknappheitsphasen zu begegnen, in einer bestmöglichen Ausstattung entwickelt werden. Um Abwasser zur Wiederverwendung aufzubereiten, kommen überwachte Filter- und Reinigungsprozesse zum Einsatz, die eine unbedenkliche Wasserqualität gewährleisten. Dafür braucht es hochsensible Analyseprozesse, die Qualität und Sicherheit des Nutzwassers gewährleisten. Erst dann kann es zur Bewässerung von Bäumen, Grünflächen und Gemüseanbauflächen genutzt werden.

Im neuen Umweltlabor überwachen 14 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nicht nur die Wasserqualität des Kläranlagenbetriebs, sondern führen auch Auftragsanalysen für Industrie- und Forschungspartner durch. Hierzu zählen häufig Trink- und Abwasseruntersuchungen. Mikrobiologische Analysen und Untersuchungen der Industrie-Abwassereinleitungen bilden einen weiteren Schwerpunkt. Hochwertige Analysegeräte, energieeffiziente Gebäudetechnik und eine durchdachte Raumplanung sorgen für präzise Ergebnisse und einen ressourcenschonenden Betrieb.



Abb. 4: Tageslicht als Laborgestaltungselement.



Abb. 5: Platz optimal zu nutzen, ist für die Laborplanung essenziell.



Abb. 6: Köttermann Labor-Tischabzüge für maximale Sicherheit.

Das Gebäude ist lichtdurchflutet, offen gestaltet und auf energieeffiziente Arbeitsprozesse ausgelegt. Die Einrichtung aus pulverbeschichtetem Stahl ist nicht nur beständig und langlebig, sondern auch wasserresistent und hygienisch – zentrale Anforderungen in der Analytik von Abwasser- und Nutzwasserproben. Gemeinsam mit dem Köttermann Partnerunternehmen TH. Geyer aus Renningen wurde ein Konzept realisiert, das Funktionalität und Umweltbewusstsein verbindet.

Die Planung des Neubaus stellte Tageslichtnutzung in den Mittelpunkt: Zahlreiche bodentiefe Fenster lassen das Licht tief in die Räume fluten und schaffen eine freundliche, offene Arbeitsatmosphäre.

Die Einrichtungs-elemente aus Arbeitsplätzen, Medienzellen und Laborabzügen sollten offen und harmonisch gestaltet werden. Glaseinsätze in den

Medienzellen unterstreichen die Transparenz des Raumkonzepts und fördern den Teamgedanken. Maßgeschneiderte Arbeitsflächenbereiche bieten genügend Raum für Proben, Analyse- und Messgeräte. Der Wechsel zwischen Büro- und Laborbereichen erfolgt barrierefrei, wodurch Arbeitsabläufe deutlich erleichtert werden. Praktischer Stauraum entsteht durch Laborhoch- und Gefahrstoffschränke entlang der Wandbereiche.

Einen wesentlichen Beitrag zur Arbeitssicherheit leisten die installierten Tischabzüge. Sie schützen das Laborpersonal zuverlässig vor gas- oder staubförmigen Substanzen. Ihre robuste Stahlkonstruktion und die präzise Luftführung stehen sinnbildlich für das Zusammenspiel aus Schutz, Beständigkeit und Effizienz, die drei zentralen Aspekte einer nachhaltigen Laborumgebung.

Das Schweinfurter Labor kann als Vorbild für eine neue Generation wasseranalytischer Einrichtungen betrachtet werden, die ökologische Verantwortung mit technischer Leistungsfähigkeit verbindet.

Die Beständigkeit von Stahl, intelligente Lufttechnik und eine vorausschauende Planung bilden die Basis für Labore, die den Anforderungen von morgen gewachsen sind: sicher und ressourcenschonend. Nachhaltigkeit in der Wasseranalytik ist kein Zusatzaspekt, sondern Teil des Qualitätsbegriffs selbst. Labore wie das in Schweinfurt zeigen, dass Umweltverantwortung und wissenschaftliche Genauigkeit längst Hand in Hand gehen können.

[1] Vgl. Quentin Gilly: Validating cost and energy savings from Harvard's shut the sash program. In: <https://green.harvard.edu/sites/green.harvard.edu/files/FumeHoodWhitePaper.pdf>. Upload 09/2023

[2] Vgl. Mills and Sartor: Energy Volume 30, Issue 10, July 2005, Pages 1859-1864

[3] Vgl. Paul Heney: Facing sustainability in the lab. Online: <https://www.rdworldonline.com/facing-sustainability-in-the-lab/>. 30.11.2021



Autorin | Kontakt

Manuela Sterns

Köttermann GmbH
Industriestraße 2 | 31311 Uetze
www.koettermann.com

Eine ökotoxikologische Perspektive

Die Relevanz von Regenüberlaufbecken-Abschlägen für die Gewässerqualität

Dr. Sabrina Schiwy

Regenüberlaufbecken (RÜB) stellen durch den Abschlag unbehandelten Mischwassers eine signifikante ökotoxikologische Belastung für die Gewässer dar, da sie zur Einleitung einer Vielzahl von Schadstoffen führen, die endokrine, mutagene und teratogene Wirkungen hervorrufen.

Die Gewässer in Deutschland sind in keinem guten ökologischen und chemischen Zustand, wodurch die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie auch im dritten Bewirtschaftungszeitraum nicht erreicht werden (EU-WRRL). Ein wesentlicher Faktor ist der Eintrag von Mikroschadstoffen über spezifische und diffuse Eintragspfade. In diesem Zusammenhang werden Kläranlagen als wichtiger Eintragspfad für Mikroschadstoffe wie Pharmazeutika, Körperpflegemittel und Pestizide identifiziert (Schwarzenbach et al. 2006). Zur Reduktion des Eintrags von Mikroschadstoffen werden europäische Kläranlagen zunehmend mit einer vierten Reinigungsstufe, beispielsweise durch Ozonierung oder Aktivkohle, ausgestattet. Allerdings weisen Studien darauf hin, dass selbst diese Aufrüstung häufig nicht die gewünschten Erfolge für die Gewässerqualität erzielt (vgl. Shuliakovich et al. 2022a, 2022b, 2022c, Wolf et al. 2022). Eine mögliche Ursache für die beobachteten Effekte könnten an Kläranlagen angeschlossene Regenüberlaufbecken sein. Diese dienen der hydraulischen Entlastung von Kläranlagen, wenn bei Stark- oder anhaltendem Regen das Mischwasservolumen die Kapazität der Kläranlage übersteigt. In diesem Fall wird ein Teil des Abwassers in die Regenüberlaufbecken umgeleitet. Wird die Kapazität des Beckens überschritten, kommt es zu einem Überlauf des mit Regenwasser verdünnten Abwassers in den Vorfluter. Diese Überläufe setzen Schadstoffpulse frei, die eine komplexe Mischung aus Pharmazeutika, Haushaltschemikalien, Mikroplastik sowie weiteren anthropogenen Substanzen enthalten. Dieses Problem ist keineswegs ein seltenes Phänomen. Allein in Deutschland gibt es Zehntausende solcher Entlastungssysteme, die im Starkregenfall das Mischwasser in die Gewässer entlassen. So schlägt das RÜB Aachen-Soers jährlich mehr als 40-mal mit einer Abschlagsmenge von bis zu 75.000 m³ Mischwasser ab

(Shuliakovich et al. 2022a). Neben dem direkten Eintrag der Schadstoffe durch das Abschlagen der Becken kommt es zudem zu einer hydraulischen Belastung des Gewässers. Die Einleitung großer Wassermengen in kurzer Zeit löst im Gewässer eine kleine Flutwelle aus. Dieser starke hydraulische Druck wirbelt die oberen Sedimentschichten auf, wodurch an Sediment gebundene Schadstoffe wieder in die Wasserphase freigesetzt werden und so wieder für aquatische Lebewesen bioverfügbar werden.

Die zunehmende Häufung von Starkregenereignissen, bedingt durch den Klimawandel, wird zu einer Verstärkung dieser Situation führen. In der Konsequenz werden vermehrt Abschläge von RÜB erfolgen, was eine zunehmende Belastung der Gewässer zur Folge hat.

Ökotoxikologische Methoden zur Bewertung der Auswirkungen von RÜB-Abschlägen

Effektbasierte Methoden sind analytische Verfahren, die in der Lage sind, die biologische Gesamtwirkung einer komplexen Umweltprobe (z.B. Wasser oder Sediment) auf verschiedenen biologischen Ebenen (von der Zelle bis zum Ökosystem) und damit auch die Mischungstoxizität zu erfassen. Gerade in komplexen Mischungen, wie dies bei Abwasser der Fall ist, können die Vielzahl an Substanzen ihre Wirkung addieren, sich gegenseitig verstärken (Potenzieren) oder abschwächen. Effektbasierte Methoden können als Summenparameter alle diese Interaktionen erfassen und damit die tatsächliche biologische Gesamtwirkung abbilden. Dabei wird keine Vorkenntnis der chemischen Zusammensetzung der Probe benötigt. Auf diese Weise werden auch unbekannte Stoffe oder Transformationsprodukte mitefassen.

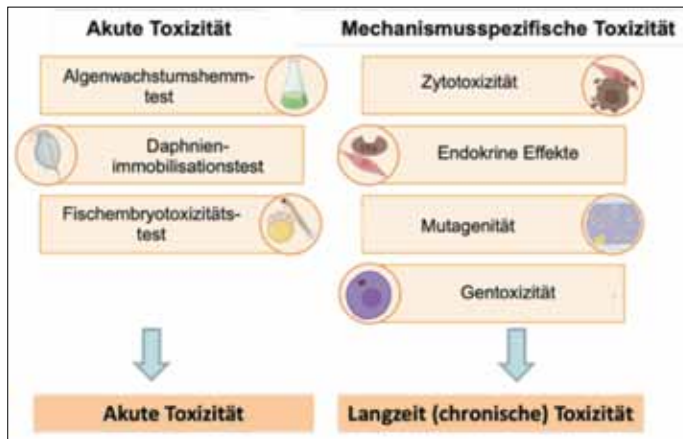


Abb. 1: Beispiel einer effektbasierten Biotestbatterie bestehend aus einer akuten und mechanisspezifischen Biotestbatterie (erstellt mit Biorender)

Tab. 1: Übersicht der Ergebnisse der chemischen und ökotoxikologischen Untersuchungen. Daten aus Shuliakovich et al. 2022a, 2022b und 2022c und Wolf et al. 2022

Untersuchung	Nach Abschlag
Chemische Belastung	↑
Östrogenität	↑
Anti-Östrogenität	↑
Androgenität	↑
Anti-Androgenität	↑
Mutagenität	↑
Embryotoxizität	↑

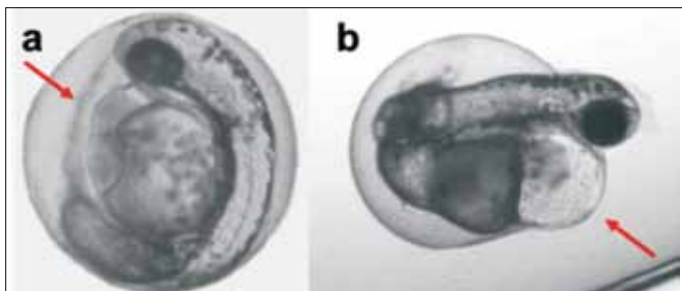


Abb. 2: Subletale Effekte gemessen in Fischembryonen nach Exposition mit Sedimentextrakten unterhalb eines Regenüberlaufbeckens. a: Embryo nach 48 h Exposition mit Ödemen am Herzbeutel (roter Pfeil), Blutstau und vermindertem Blutfluss. b: Embryo nach 96 h Exposition während des Schlupfes mit deformiertem Herzen (Schlauchherz), Ödem am Herzbeutel (roter Pfeil).

Aufgrund dieser Vorteile wird in der Ökotoxikologie häufig eine Kombination aus verschiedenen Endpunkten untersucht, um die Breite der Effekte abbilden zu können (Brack et al. 2018). So wurde aus dem EU-Solutionsprojekt und dem internationalen Norman-Netzwerk eine Biotestbatterie empfohlen, die akute und mechanisspezifische Effekte miteinander verbindet (siehe Abb. 1). Auf diese Weise wird ein umfassendes Bild der toxischen Wirkung einer Probe erfasst.

Die ideale Bewertung komplexer Umweltproben kombiniert chemische Analysen mit effektbasierten Methoden. Beide Ansätze ergänzen sich per-

fekt, um ein vollständiges und realistisches Bild der tatsächlichen Gefährdung zu ergeben.

Ökotoxikologische Auswirkungen von RÜB-Abschlägen

Im Rahmen des DemO3AC-Projekts wurden RÜB-Abschläge umfassend ökotoxikologisch und chemisch untersucht. Die Einleitung des lediglich durch Regenwasser verdünnten Abwassers führt zu einem signifikanten Anstieg der ökotoxikologischen Effekte im Vorfluter (Tab. 1).

So zeigten die Untersuchungen der endokrinen Aktivität in der Wasserphase das höchste Potential nach einem Abschlag des RÜB (agonistisch und antagonistisch) der untersuchten Proben.

Die maximalen Äquivalentkonzentrationen beliefen sich auf 2,7 ng EEQ/L (östrogen), 2,4 µg TMX-EQ/L (antiöstrogen) und über 100 µg FLU-EQ/L (antiandrogen). Damit überschreitet die östrogene Aktivität den Effektbasierten Schwellenwert (EBT) um das 5,1-fache, während die antiandrogenen Effekte den EBT um das 6,4-fache überschritten. Zudem konnte nach einem Abschlag des RÜB ein androgenes Potenzial (9,8 µg DHT-EQ/L) detektiert werden, das zu keinem anderen Zeitpunkt beobachtet wurde.

Hinsichtlich des genotoxischen Potenzials in Sedimenten zeigten die nach einem anhaltenden Regenereignis entnommenen Sedimentproben eine starke Zunahme des partikelgebundenen mutagenen Potenzials. Die Daten stützen die Annahme, dass der Eintrag des Wassers aus RÜB eine signifikante Quelle für partikelgebundene Schadstoffe aus unbehandeltem Abwasser darstellt. Gleichzeitig kommt es durch die hydraulische Last auf das Gewässer zur Remobilisierung des Sediments, das in der Mischung mit den eingetragenen Schadstoffen eine Quelle genotoxischen Potenzials ist.

Hinsichtlich subletaler und Verhaltenseffekte bei Zebrafischlarven wurde festgestellt, dass die Exposition gegenüber Sedimenten nach anhaltenden Regenereignissen bei 47 % der Zebrafischlarven Herzbeutelödeme, Effekte auf das Herzkreislaufsystem sowie geringe Körperpigmentierung verursachte (Abb. 2). Diese Effekte werden in Zusammenhang mit PAK-Belastungen gebracht, die in Sedimenten häufig vorkommen. So konnte auch in der umfassenden chemischen Analyse der Proben des Sediments nach einem Starkregenereignis unterhalb des Regenüberlaufbeckens eine Zunahme der Konzentration an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs) um 92,2 % nachgewiesen werden. Zudem wurde ein Anstieg der Konzentrationen von polyzyklischen Heterozyklen (84,4 %) und aromatischen Aminen (75,5 %) festgestellt.

Wie die Untersuchungen klar zeigen, stellen Regenüberlaufbecken (RÜB) durch den Abschlag unbehandelten Mischwassers eine signifikante ökotoxikologische Belastung für die Gewässer dar, da sie zur Einleitung einer Vielzahl von Schadstoffen führen, die endokrine, mutagene und teratogene Wirkungen hervorrufen.

Es gibt jedoch effektive technische Lösungsansätze, um diese Schadstoffeinträge zu mindern. Eine zentrale Lösung ist die Filterung des Wassers durch nachgeschaltete Retentionsbodenfilter (RBF). Diese Systeme dienen der Reinigung des überlaufenden Wassers, bevor es in den Vorfluter eingeleitet wird. Zu diesem Zweck wird das Wasser zunächst durch ein Absetzbecken und anschließend in eine Retentionsfläche, wie etwa eine mit Schilf bepflanzte Fläche, geleitet. An dieser Stelle versickert es durch eine spezifische Filterschicht, wodurch Schadstoffe sowohl mechanisch als auch chemisch und biologisch zurückgehalten und abgebaut werden. Diese Technologie stellt somit einen wichtigen Baustein dar, um die ökotoxikologischen Risiken durch Mischwasserüberläufe bei Starkregenereignissen signifikant zu reduzieren.

Literatur

- [1] Brack, Werner, Escher Beate I., Müller Erik; Schmitt-Jansen Mechthild; Schulze Tobias; Slobodnik Jaroslav; Hollert Henner (2018): Towards a holistic and solution-oriented monitoring of chemical status of European water bodies: how to support the EU strategy for a non-toxic environment? Environmental Sciences Europe, 30, 33.
- [2] Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Hofstetter, T. B., Johnson, C. A., von Gunten, U., & Wehrli, B. (2006). The challenge of micropollutants in aquatic systems. Science, 313(5790), 1072-1077.
- [3] Shuliakovich, Aliaksandra; Schroeder, Katja; Nagengast, Laura; Wolf, Yvonne; Brückner, Ira; Muz, Melis et al. (2022a): Extensive rain events have a more substantial impact than advanced effluent treatment on the endocrine-disrupting activity in an effluent-dominated small river. In: The Science of the total environment 807 (Pt 2), S. 150887. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.150887.
- [4] Shuliakovich, Aliaksandra; Muz, Melis; Oehlmann, Jörg; Nagengast, Laura; Schröder, Katja; Wolf, Yvonne et al. (2022b): Assessing the genotoxic potential of freshwater sediments after extensive rain events - Lessons learned from a case study in an effluent-dominated river in Germany. In: Water research 209, S. 117921. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117921.
- [5] Shuliakovich, Aliaksandra; Schröder, Katja; Nagengast, Laura; Muz, Melis; Pipal, Marek; Brückner, Ira et al. (2022c): Morphological and behavioral alterations in zebrafish larvae after exposure to contaminated river sediments collected in different weather conditions. In: The Science of the total environment 851 (Pt 1), S. 157922. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.157922.
- [6] Wolf, Yvonne; Oster, Sophie; Shuliakovich, Aliaksandra; Brückner, Ira; Dolny, Regina; Linnemann, Volker et al. (2022): Improvement of wastewater and water quality via a full-scale ozonation plant? - A comprehensive analysis of the endocrine potential using effect-based methods. In: The Science of the total environment 803, S. 149756. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.149756.



Autorin | Kontakt

Dr. Sabrina Schiwy

Goethe-Universität Frankfurt | Campus Riedberg
Biologicum | Evolutionäre Ökologie und Umwelttoxikologie (E3T)
Max-von-Laue Str. 13 | 60438 Frankfurt am Main | www.bio.uni-frankfurt.de



16. - 17. September 2026
Stadthalle Mülheim an der Ruhr

Programmthemen

- Probenahme und -vorbereitung
- Chromatographie und Massenspektrometrie
- Spurenstoffe (PFAS / PMT)
- Relevante und nicht relevante Metaboliten von PSM
- Datenprozessierung und -analyse
- Neue Techniken und Green Analytical Chemistry
- Molekularbiologische Methoden in der Wasseranalytik

www.iww-wasserforschung.de/veranstaltung/mwas2026



NEUE 13C-markierte PFAS-Lösungen & Mixe

Referenzmaterialien für die EU-
Trinkwasserrichtlinie – alle 20 PFAS
Analyten markiert & unmarkiert als
Einzellösung oder im praktischen Mix:

DRE-A30000051MW – EU Drinking Water
Directive PFAS Mixture
DRE-A30000095MW – EU Drinking Water
Directive Labelled PFAS Mixture

Um mehr über unser vollständiges
Sortiment an PFAS-Referenzmaterialien
zu erfahren – z.B. über Mixe für
EPA-Methoden 1633, 533 & 537.1
besuchen Sie lgcstandards.com
oder scannen Sie den QR-Code



Die Digitalisierung in der Wasserüberwachung

Die Zukunft der Qualitätsinfrastruktur – Status Quo, Anforderungen und ein Beispiel

Dr. Tobias Pflock

Die Wasserüberwachung steht vor vielen Herausforderungen und die Digitalisierung der Qualitätsinfrastruktur (QI) bietet in vielerlei Hinsicht sinnvolle Antworten für die Zukunft. Mit der Initiative QI-digital und der Arbeitsgruppe „QI-digital LabHub“ haben sich Akteure zusammengeschlossen, um die Voraussetzungen für durchgängige Interoperabilität und Datenintegrität bei dem Datentransport in der QI zu gewährleisten.

Die Sicherstellung von Trinkwasser-, Oberflächenwasser- und Abwasserqualität ist entscheidend für Gesundheit, Umwelt und gesellschaftliche Stabilität. Gleichzeitig wirken externe Faktoren auf die Wasserwirtschaft: Klimawandel verursacht veränderte Niederschlagsmuster, Hochwasserereignisse und neue Schadstoffbelastungen. Europäische Resilienzstrategien verlangen robuste, vernetzte Systeme, und demografische Entwicklungen führen zu wachsendem Versorgungsdruck in urbanen Regionen.

Traditionelle Probenahme und Laboranalysen sind für diese dynamischen Anforderungen oft träge und an den Schnittstellen zwischen privaten und öffentlichen Stakeholdern kommt es immer wieder zu Systembrüchen und Datenverlusten. Automatisierte Datenerfassung, intelligente Auswertungen sowie durchgehende Konnektivität ermöglichen dagegen nahezu Echtzeit-Überwachung, schnellere Reaktionen auf Abweichungen und effizientere Maßnahmen. Entscheidend ist dabei, die historisch bewährten, hohen Anforderungen an Daten und Prozesse nicht etwa abzuschaffen, sondern die technischen Möglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen, um Datenqualität aufrecht zu erhalten und sogar zu verbessern. So wird eine digitalisierte Qualitätsinfrastruktur zu einem entscheidenden Mehrwert für nachhaltige Wassersicherheit.

QI-Digital als strategischer Rahmen

Die BMW-Initiative QI-Digital unter Federführung von DAKkS, DIN, DKE, PTB und BAM hat es sich zur Aufgabe gemacht, den öffentlichen Rahmen für eine digitale Qualitätsinfrastruktur zu schaffen. Eine entscheidende Rolle für die Rolle der Prüflabore wird dabei dem Forum „QI-digital LabHub“ zuge-

dacht, in dem öffentliche und private Teilnehmer an einer konkreten Umsetzung der Digitalisierung arbeiten: Man setzt z.B. auf maschinenlesbare Standards und Austauschformate, mit denen Prüfberichte, Zertifikate und Messdaten interoperabel verwaltet werden können. Für die Wasserüberwachung heißt das, dass Messergebnisse, Prüfmethode und Grenzwerte direkt aus strukturierten Datenmodellen abgeleitet werden. Medienbrüche sollen entfallen, und alle Beteiligten – Labore, Versorger, Behörden – können auf verlässliche, konsistente Informationen zugreifen. Dies erhöht Transparenz, Effizienz und Vertrauen in den gesamten Überwachungsprozess.

Technische und normative Voraussetzungen

Eine der entscheidenden Voraussetzungen für eine digitale Qualitätsinfrastruktur sind standardisierte Datenmodelle für Messgrößen, Methoden und Unsicherheiten, damit Konformitätsbewertungen automatisiert erfolgen können. Messinstrumente müssen in ein Kalibrier- und Prüfmanagement eingebunden sein, um Genauigkeit und Rückführbarkeit zu gewährleisten. Das Thema Informationssicherheit ist dabei nicht zuletzt durch Vorgaben auf Europäischer Ebene (vgl. NIS2-Regulierung) zentral: Rollenbasierte Zugriffskontrollen, verschlüsselte Übertragung und revisionssichere Protokollierung schützen sensible Wasserqualitätsdaten. Gleichzeitig müssen Normen wie ISO/IEC 17025 sowie weitere normative und gesetzliche Rahmenbedingungen vollständig digital abgebildet werden, um Nachweisbarkeit und Normkonformität sicherzustellen. Als einer der Aktiven zeigt Audittrails, wie man durch moderne und sichere Software sowie standardisierte Datenmodelle normkonforme Datenqualität auf effizientem Weg erreichen kann.

Praxisbeispiel Audittrails-17025

Audittrails-17025 ist eine moderne, web-basierte Softwareplattform die Laborprozesse digitalisiert. Damit ermöglicht sie die vollständige digitale Abbildung aller Anforderungen der ISO/IEC 17025. Für die Wasserüberwachung – von Trinkwasser über Oberflächenwasser bis Abwasser – bietet das System folgende Vorteile:

- Digitales Datenmodell: Alle Informationen zu Proben, Verfahren und Ergebnissen werden strukturiert gespeichert, was konsistente Prozesse und Nachvollziehbarkeit sicherstellt.
- Normgerechte Prozesslenkung: Dokumente und Prüfpläne werden versioniert und revisionssicher verwaltet; Änderungen sind jederzeit nachvollziehbar.
- Sicherheitsarchitektur: Rollenbasierte Zugriffskontrolle und ISO-27001-konforme Infrastruktur schützen sensible Daten.
- Automatisierung: Prüfmittelmanagement, Berichtserstellung und Abweichungsanalysen laufen digital gesteuert ab.
- Integration: Schnittstellen ermöglichen die Anbindung an Laborinformationssysteme oder Datenräume, sodass eine vernetzte Wasserüberwachung entsteht.

Audittrails-17025 macht digitale Qualitätssicherung praktisch: Prozesse werden medienbruchfrei, Daten transparent und Normkonformität auditierbar. Bei einer wachsenden Anzahl von öffentlichen und privaten Umwelt- und Wasserlaboren, wie z.B. Bodensee Wasserversorgung oder UCL Umwelt Control Labor GmbH in Lünen, wird das System bereits erfolgreich implementiert.

Fazit

Die Digitalisierung stärkt die Effizienz, Transparenz und Zukunftssicherheit in der Wasserüberwachung. Die Initiative QI-Digital liefert dafür einen Rahmen, während das Beispiel Audittrails-17025 zeigt, wie Labore normkonform, automatisiert und sicher arbeiten können. So entsteht eine belastbare, moderne und resiliente Infrastruktur für die Wassersicherheit.

Referenzen

- [1] Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM): QI-Digital – Qualitätsinfrastruktur der Zukunft. <https://netzwerke.bam.de/Netzwerke/Content/DE/Standardartikel/Netzwerke/QI-Digital/qi-digital.html>
- [2] QI-Digital Initiative: Informationsdrehscheibe Digital LabHub für Labore: <https://www.qi-digital.de/digital-labhub>
- [3] Audittrails GmbH: Audittrails-17025 – Effizient und normkonform die ISO 17025 umsetzen. <https://www.audittrails.com>
- [4] Fraunhofer IGB: Digitalisierung und Wassermanagement. <https://www.igb.fraunhofer.de>



Autor | Kontakt

Dr. Tobias Pflock

Audittrails Networks GmbH

Wunsiedler Straße 7 | 95032 Hof/Saale | www.audittrails.com

AUDITTRAILS®

Wir machen Ihr Labor fit:

Für die digitale Qualitätsinfrastruktur!

ISO 17025

ISO 15189



Mit AUDITTRAILS digitalisieren Labore ihre Managementprozesse und ihr LIMS umfassend und normkonform nach **ISO 17025 und ISO 15189.**

Unser standardisiertes Datenmodell, eingebettet in eine ISO 27001-zertifizierte, webbasierte, Software-Plattform ermöglicht Ihnen den Aufbau von digitalen, interoperablen Prozessen als Grundlage für das akkreditierte Labor der Zukunft.

Wir beraten Sie gerne!

www.audittrails.com

info@audittrails.com



Vom Datenstrom zum Wissensfluss

Das Labor auf dem Weg zur Automatisierung

Dr. Gerrit Renner

Warum modulare Datenpipelines zum zentralen Baustein des digitalen Labors werden, wird in diesem Beitrag anhand verschiedener Beispiele aus der Praxis beantwortet.

Die Laborwelt befindet sich mitten im Wandel zum Labor 4.0. Immer mehr Arbeitsschritte werden digital erfasst, vernetzt und automatisiert, wodurch eine neue Dimension an Messdaten entsteht [1]. Moderne Laborgeräte sind keine isolierten Instrumente mehr, sondern vernetzte Datenquellen, die Ergebnisse über Schnittstellen direkt an zentrale Systeme übermitteln [2]. So wird das Labor zu einem digitalen Informationsraum, in dem physische Experimente und virtuelle Modelle verschmelzen. Ein zentrales Konzept ist der digitale Zwilling: das virtuelle Abbild eines realen Prozesses, das über Sensoren und IoT-Technologien in Echtzeit mit diesem verbunden ist [1]. Dadurch lassen sich Abläufe laufend beobachten, simulieren und optimieren. Änderungen am realen Prozess erscheinen unmittelbar im digitalen Modell, was eine vorausschauende Steuerung ermöglicht. Digitalisierung und Datenanalyse bilden damit das Fundament des modernen Labors: Sie schaffen Transparenz, steigern Effizienz und verwandeln das Labor in ein lernendes System, das Wissen generiert und weiterentwickelt. Eine schematische Darstellung einer modernen Datenpipeline ist in Abbildung 1 zu sehen.

Damit die entstehenden Daten effizient genutzt werden können, braucht es Strukturen, die den Datenfluss automatisiert in verwertbare Informationen überführen. Diese Aufgabe übernehmen Datenpipelines, d.h. Abfolgen von Verarbeitungsschritten, die Messdaten aus verschiedenen Quellen erfassen, aufbereiten, speichern und analysierbar machen [4]. Besonders wirkungsvoll sind modulare Datenpipelines, bestehend aus einzelnen, austauschbaren Bausteinen. Ein Modul kann etwa Daten erfassen, ein anderes filtern, ein weiteres speichern. Der modulare Aufbau ermöglicht Anpassungen ohne Eingriff in das Gesamtsystem. Wird beispielsweise eine pH-Sonde ersetzt, kann das entsprechende Modul ausgetauscht werden, während alle anderen Schritte unverändert bleiben. So bleiben Datenstrukturen konsistent, und Pipelines lassen sich schnell an neue Geräte oder Aufgaben anpassen.

Moderne Sensoren verfügen zunehmend über Netzwerk- oder IoT-Schnittstellen und können Datenlogger, Server oder Labordaten-Management-Systeme direkt ansteuern. Parallel entstehen Standards, die diese Kommunikation vereinheitlichen. Besonders relevant ist OPC UA als offenes Protokoll, über das Geräte verschiedener Hersteller Daten in einem gemeinsamen Format bereitstellen. Darauf aufbauend entwickelt der Industrieverband Spectaris mit dem Laboratory and Analytical Device Standard (LADS) ein Konzept für herstellerunabhängige Geräteintegration [1]. Ein typischer Datenfluss: Ein Sensor misst kontinuierlich, sendet Werte an das Eingangsmodul der Pipeline, das sie prüft, strukturiert und speichert. Von dort stehen sie für Analysen und Visualisierungen bereit. Schon einfache Auswertungen wie gleitende Mittelwerte oder Trendanalysen helfen, Abweichungen frühzeitig zu erkennen. Liegt etwa der pH-Wert außerhalb eines definierten Bereichs, löst das System automatisch einen Alarm aus oder passt Regelgrößen an.

Ein einzelner Sensortyp oder Messgerät kann nur einen Teil der Realität erfassen. Daher gewinnt die Kombination unterschiedlicher Messquellen an Bedeutung. Durch Datenfusion lassen sich Informationen verschiedener Analysen zusammenführen und neue Zusammenhänge sichtbar machen. Ein eindrucksvolles Beispiel zeigt die Verbindung von Massenspektrometrie und Raman-Spektroskopie, die sich gegenseitig ergänzen [5]. Während die Massenspektrometrie detaillierte Molekularinformationen liefert, beschreibt die Raman-Spektroskopie die chemische Struktur. Durch die Kombination entsteht ein vollständigeres Bild, etwa bei der Identifikation unbekannter Stoffe. In Studien konnte die Zuverlässigkeit der Bakterienidentifikation so von 88 % auf 100 % gesteigert werden [6]. Auch in der Prozessanalytik wird die kombinierte Auswertung von optischen Spektren und klassischen Prozessgrößen wie pH oder Sauerstoffgehalt zunehmend eingesetzt, um Reaktionsverläufe präziser zu beschreiben.

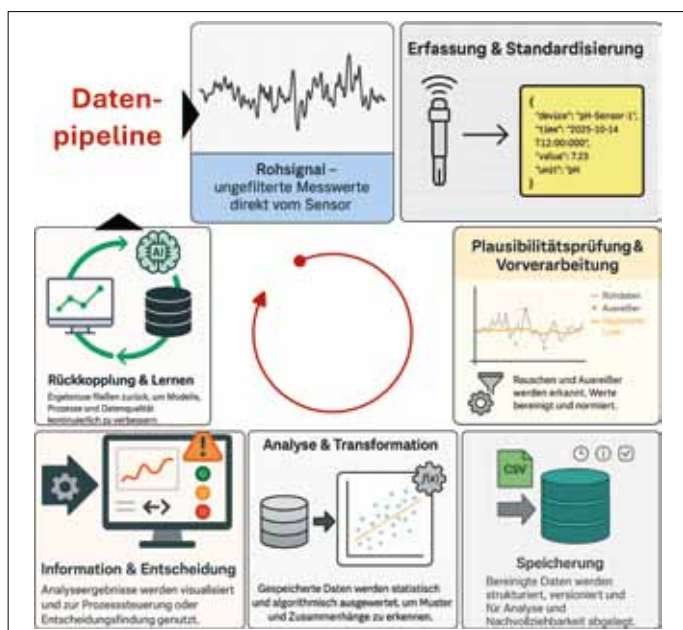


Abb. 1: Schematische Darstellung einer modernen Datenpipeline von der Signalerzeugung bis hin zum Feedbackprozess

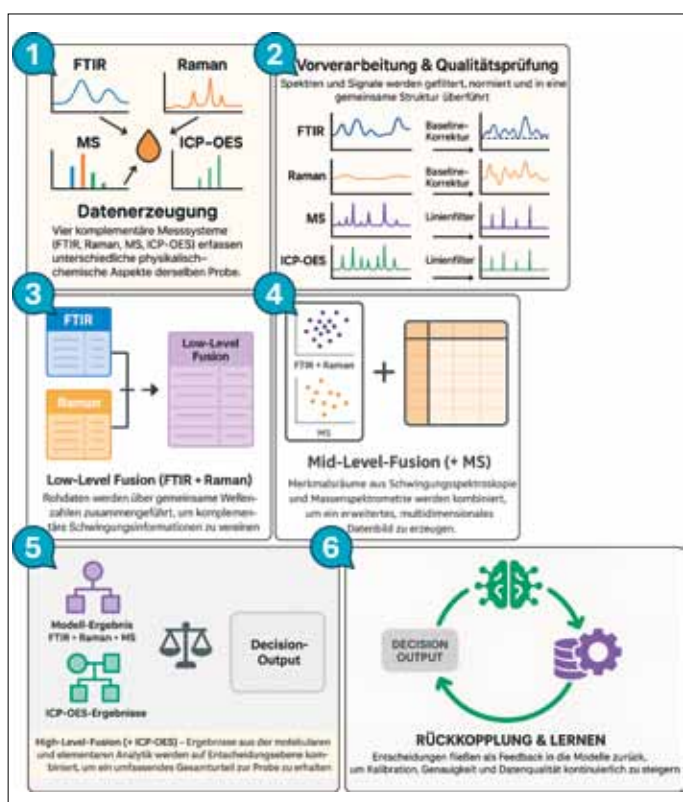


Abb. 2: Schematische Darstellung eines mehrstufigen Datenfusionsansatzes

abgestimmt und skaliert werden [5]. Ein Massenspektrum enthält zehntausende Intensitätswerte, während ein Raman-Spektrum andere Skalen nutzt. Erst durch geeignete Normalisierung lassen sich beide Datensätze vergleichen [5]. Für die Fusion kommen Methoden der multivariaten Statistik oder des maschinellen Lernens zum Einsatz, etwa PCA, SVM oder neuronale Netze. Ebenso wichtig ist die technische Integration: Nur kompatible oder standardisierte Geräteformate erlauben eine nahtlose Zusammenführung der Daten. Trotz dieser großen Herausforderungen gilt Datenfusion als Schlüsseltechnologie des Labors 4.0, da sie Informationsquellen vernetzt und robustere, aussagekräftigere Analysen ermöglicht. Beispielhaft ist ein Datenfusionsansatz in Abbildung 2 zu sehen.

Ein weiterer Bereich sind besonders datenintensive Methoden wie z.B. das Non-Target-Screening (NTS), bei dem Proben ungerichtet als Ganzes charakterisiert, verglichen und unbekannte Substanzen identifiziert werden [7]. Durch hochauflösende Massenspektrometrie entstehen Millionen Datenpunkte pro Messung, die in Workflows zu sogenannten Features verdichtet werden [7]. Damit solche Daten systematisch verarbeitet werden können, braucht es strukturierte Pipelines und gemeinsame Standards. In der Massenspektrometrie hat sich mit mzML ein offenes Format etabliert, das den Austausch von Rohdaten zwischen Programmen ermöglicht [8]. Ziel ist jedoch, auch zwischen einzelnen Datenverarbeitungsschritten, Stichwort modulare Datenpipeline, Daten interoperabel, kompakt und langfristig nutzbar zu machen. Standardisierung bedeutet hier, dass Labore, Tools und Datenbanken dieselbe Sprache sprechen, sodass Ergebnisse vergleichbar bleiben und Workflows kombinierbar sind. Diese Idee wird international vorangetrieben: Netzwerke wie PINTS und NORMAN entwickeln gemeinsame Schnittstellen, Austauschformate und Berichtskriterien [7]. Open-Source-Plattformen wie patRoom oder StreamFind zeigen, wie verschiedene Tools über standardisierte Formate integriert werden können [9]. Das Beispiel NTS verdeutlicht, dass die Zukunft datenintensiver Analytik von offenen Formaten und Systemarchitekturen abhängt. Nur Standardisierung ermöglicht vernetzte, reproduzierbare und automatisierte Datenverarbeitung im Labor.

Die oben gezeigten Beispiele von Datenfusion und datenintensiven Analysemethoden lassen darauf schließen, dass die Einführung modularer Datenpipelines auf dem Weg zum Labor 4.0 hohe technische Anforderungen stellt. Eine zentrale Herausforderung ist die Heterogenität der Geräte und Protokolle. Zwar existieren mit SiLA2 und OPC UA/LADS vielversprechende Standards, doch werden sie bisher nur teilweise umgesetzt [1]. Auch bei der Softwareintegration bestehen Hürden: In der Datenwissenschaft haben sich Python und R etabliert, während performante Komponenten oft in C++ umgesetzt werden. Diese Vielfalt ist flexibel, erfordert aber Know-how im Umgang mit Skripten, Bibliotheken und Schnittstellen [1, 9]. Für den Laboralltag sind daher benutzerfreundliche Oberflächen und Low-Code-Plattformen entscheidend, die komplexe Abläufe auch ohne Programmierkenntnisse zugänglich machen. Neben der Softwarearchitektur spielt die Interoperabilität zwischen offenen und kommerziellen Systemen eine Rolle. Erfolgreiche Lösungen werden jene sein, die über standardisierte Schnittstellen wie REST-APIs oder einheitliche Datenexporte verfügen, sodass sich Einzelsysteme zu einer Gesamtumgebung verbinden lassen. Die Umsetzung von Labor-4.0-Konzepten ist damit nicht allein eine Frage der Software, sondern auch der Zusammenarbeit. Wenn Analytiker und Analytikerinnen, Informatiker und Informatikerinnen sowie Gerätehersteller ihr Wissen bündeln, entstehen Lösungen, die Effizienz und Qualität zugleich steigern.

Datenfusions-Ansätze stellen hohe Anforderungen an Datenstrukturen und Algorithmen. Unterschiedliche Datentypen müssen zeitlich und räumlich

**TEST OUR
PRODUCTS**
Microbiology experts
for your lab ...



schuett solaris
Loop Sterilizer

schuett phoenix II
Safety Bunsen Burner



schuett count
Manual Colony Counter



schuett colonyQuant
Automated Colony Counter

schuett-biotec.de

schuett-biotec GmbH
Rudolf Wissell-Str. 13
37079 Göttingen

+49 (0) 551 / 5 04 10-0
+49 (0) 551 / 5 04 10-99
info@schuett-biotec.de
schuett-biotec.de

Ein Blick in die Zukunft zeigt, dass sich Standardisierung und Automatisierung weiter durchsetzen werden. Dank einheitlicher Protokolle wie LADS oder OPC UA lassen sich neue Sensoren leicht integrieren, während modulare Pipelines flexibel je nach Anwendung kombiniert werden können. Digitale Zwillinge bilden Laborprozesse in Echtzeit ab und werden durch KI-Algorithmen optimiert. Erste Konzepte dafür sind bereits in der pharmazeutischen Qualitätskontrolle im Einsatz [3]. Auch infrastrukturell wird sich das Labor weiterentwickeln: Hybride Cloud-Lösungen verbinden lokale Geräteanbindungen mit zentraler Datenanalyse und schaffen globale Datenpools. Grundlage dafür sind FAIR-Datenprinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), die Transparenz und Nachvollziehbarkeit sichern [1]. Standardisierung wird künftig über einzelne Labore hinausreichen: Internationale Initiativen wie NORMAN oder PINTS arbeiten an gemeinsamen Schnittstellen, um Ergebnisse weltweit vergleichbar zu machen [10].

Fazit

Die datenwissenschaftliche Seite der Labor-4.0-Entwicklung weist den Weg in eine neue Ära analytischer Arbeit. Modulare Datenpipelines, offene Standards und intelligente Automatisierung bilden das Fundament für Labore, die nicht nur Daten erzeugen, sondern daraus lernen. Routineaufgaben werden zunehmend automatisiert, während der Mensch die Rolle des Gestaltenden behält. So entsteht ein Labor, das Wissen dynamisch erzeugt, Prozesse transparent macht und kontinuierlich besser wird.

Literatur

- [1] Habich, T., & Beutel, S. (2024). Digitalization concepts in academic bioprocess development. *Engineering in Life Sciences*, 24(4), 2300238.
- [2] SPECTARIS & Messe München GmbH. (2024). *Künstliche Intelligenz im Labor: Aktuelle Entwicklungen, Anwendungsbeispiele, Potenziale und Ausblick* (1. Aufl.). Berlin/München: SPECTARIS – Deutscher Industrieverband für Optik, Photonik, Analysen- und Medizintechnik e. V. & Messe München GmbH.
- [3] Han, Y., Makarova, E., Ringel, M., & Telpis, V. (2019, January). Digitization, automation, and online testing: The future of pharma quality control. *Pharmaceuticals & Medical Products Practice*. McKinsey & Company.
- [4] Informatica Inc. (2025). What is a data pipeline? Definition, best practices, and use cases. Abgerufen am 8. Oktober 2025 von <https://www.informatica.com/resources/articles/data-pipeline.html>
- [5] Ryabchykov, O., Popp, J., & Bocklitz, T. (2018). Fusion of MALDI spectrometric imaging and Raman spectroscopic data for the analysis of biological samples. *frontiers in Chemistry*, 6, 257.
- [6] Song, J., Liang, W., Huang, H., Jia, H., Yang, S., Wang, C., & Yang, H. (2024). A new fusion strategy for rapid strain differentiation based on MALDI-TOF MS and Raman spectra. *Analyst*, 149(21), 5287–5297.
- [7] Vosough, M., Schmidt, T. C., & Renner, G. (2024). Non-target screening in water analysis: recent trends of data evaluation, quality assurance, and their future perspectives. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 416(9), 2125–2136.
- [8] Bhamber, R. S., Jankevics, A., Deutsch, E. W., Jones, A. R., & Dowsey, A. W. (2020). mzMLb: a future-proof raw mass spectrometry data format based on standards-compliant mzML and optimized for speed and storage requirements. *Journal of proteome research*, 20(1), 172–183.
- [9] Helmus, R., Ter Laak, T. L., van Wezel, A. P., de Voigt, P., & Schymanski, E. L. (2021). patRoön: open source software platform for environmental mass spectrometry based non-target screening. *Journal of Cheminformatics*, 13(1), 1.
- [10] Hollender, J., Schymanski, E. L., Ahrens, L., Alygizakis, N., Béen, F., Bijlsma, L., ... & Krauss, M. (2023). NORMAN guidance on suspect and non-target screening in environmental monitoring. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 75.en



Autor | Kontakt

Dr. Gerrit Renner

Universität Duisburg-Essen | Institut für Instrumentelle Analytische Chemie
Universitätsstraße 5 | 45141 Essen | www.uni-due.de

Target- und Non-Target-Screening

Workflow für die laborübergreifende Überwachung eines internationalen Einzugsgebiets in Echtzeit

Dr. Martin Loos | Dr. Pavel Ondruch

Die Auswertung und der Vergleich großer massenspektrometrischer Datensätze über Beprobungsstandorte, einzelne Projekte, verschieden ausgerüstete Labore und Ländergrenzen hinweg erfordert eine neue und flexibel einsetzbare Software-Plattform. Diese muss den Austausch innerhalb und zwischen Nutzergruppen automatisieren und fördern. Die zukünftigen Einsatzmöglichkeiten einer solchen Plattform sind vielfältig.

Die Entwicklung des Non-Target-Screenings (NTS) mithilfe der hochauflösenden Massenspektrometrie (HRMS) hat eine präzise Überwachung langfristiger Mikroschadstofftrends auch für noch unbekannte Substanzen an verschiedenen Probenahmestellen von Oberflächengewässern ermöglicht. Während sich die Analysemethodik stetig verbessert und NTS-Ergebnisse in Ergänzung zur Target-Analytik schon bekannter Substanzen auch in der Regulatorik allmählich Akzeptanz finden, fehlte bisher ein Rahmen für die Harmonisierung und den automatisierten Vergleich von NTS-Messdaten in großen transnationalen Einzugsgebieten innerhalb kürzerer Zeiträume [1]. Dieses Defizit hat die schnelle Erkennung und Verfolgung von Schadstofftrends und deren Emissionsquellen über Ländergrenzen hinweg bis dato erschwert. Es war bislang nicht möglich, alle verfügbaren Informationen und Expertisen aus bestehenden Laboratorien über unterschiedliche Länder hinweg zu bündeln, NTS-Analyten für die Identifizierung gemeinsam zu priorisieren und Screening-Ergebnisse effizient auf einer einzigen Plattform zu kommunizieren oder auszutauschen.

Aus diesem Grund haben sich die Labore der Anrainerstaaten des Rheins im Rahmen eines gemeinsamen Projekts unter der Leitung der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zur Implementierung einer gemeinsamen Plattform zur laborübergreifenden Datenauswertung entschlossen [2]. Eine solche Plattform muss dabei trotz einer harmonisierten chromatographischen Methode Messdaten verschiedener HRMS-Geräte mit unterschiedlichen Massenaufösungen verarbeiten können und die Messdaten verschiedener Beprobungsstandorte entlang des Rheins abgleichen

sowie mit einer Benutzeroberfläche abrufbar machen. Die resultierende Lösung setzt sich zweistufig einerseits aus laborspezifischen und einer nachfolgenden laborübergreifenden Datenverarbeitung zusammen, die auf einem gemeinsamen Server implementiert werden kann.

Laborspezifische Datenauswertung

Die Mess- und Metadaten jedes Labors werden zunächst mit der Auswerterroutine *enviMass* in einzelnen Projekten organisiert und mit einer R-basierten Benutzeroberfläche verwaltet [3]. Ein Projekt kann dabei die HRMS-Zeitreihe eines oder mehrerer Standorte mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung enthalten. Diese Zeitreihen lassen sich laufend mit neuen Messungen erweitern; der Ablauf dieser umfangreichen Datenverarbeitung ist in Abbildung 1 zu finden. Über die Detektion von chromatographischen NTS-Signalen, die verschiedenen Datenkorrekturen, das kombinierte Target- und Non-Target-Screening bis hin zu einer Zusammenführung und Komponentisieren von Signalen über viele HRMS-Messungen hinweg (sog. Profiling) lässt sich das Datenvolumen mit dieser ersten Auswertestufe deutlich reduzieren. Die Nutzer können zudem in diesen einzelnen Projekten jeweils ihren standortspezifischen Aufgaben (z.B. der Trenddetektion) gezielt und ungestört nachgehen und erst nach ausdrücklicher Freigabe der laborübergreifenden Auswertung und damit anderen Plattform-Nutzern zuführen.

Laborübergreifende Datenauswertung

Für die Zusammenführung der Messergebnisse der einzelnen Labore sucht eine Synchronisationsroutine im Server-Hintergrund fortlaufend nach aktua-

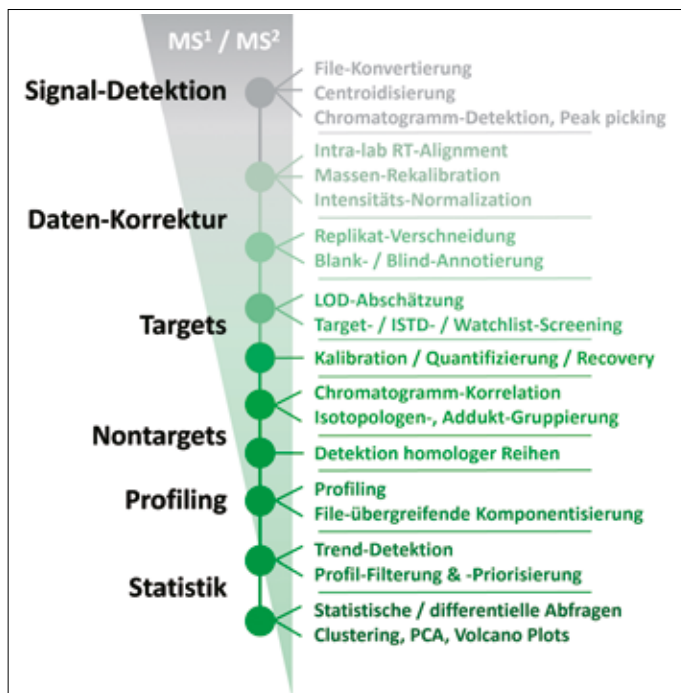


Abb. 1: Schema zur Datenverarbeitung und -reduktion mit enviMass

lisierten Daten in den zugehörigen enviMass-Projekten, siehe Abbildung 2. Diese Daten werden dann mit schon existierenden Daten in einer Datenbank abgeglichen, ihre laborübergreifende Vergleichbarkeit (vor allem etwaige Verschiebungen in der chromatographischen Retentionszeit) überprüft und ggfs. korrigiert sowie die annotierten HRMS-Profile und -Chromatogramme samt Metadaten, Substanz- und Beobachtungslisten in einer gemeinsamen

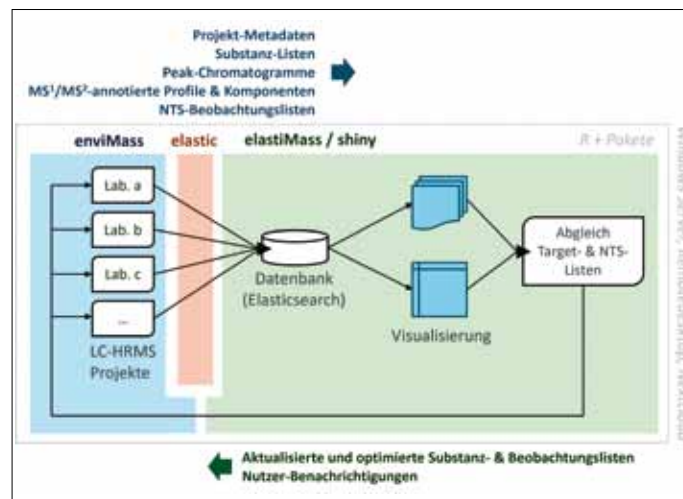


Abb. 2: Konzept der enviMass/elastiMass-Plattform. Die farbigen Bereiche markieren die Aufgabenbereiche unterschiedlicher R-Pakete. R-Pakete.

Datenbank gespeichert. Die Datenbank kann dann mit einer komfortablen Benutzeroberfläche auf demselben Server mit einer Vielzahl von Kriterien und für unterschiedliche Abfragezwecke durchsucht werden (Abb. 3). Auch die Profile lassen sich darin dynamisch über die Standorte gruppieren und so leichter darstellen. Weiterhin können Laboratorien auch ihre Listen an bekannten Substanzen und etwaige NTS-Einträge in Beobachtungslisten dynamisch austauschen und verbessern. Beispielsweise werden Identifizierungen durch ein Labor den anderen Plattform-Nutzern mitgeteilt und die zugehörigen Listeneinträge entsprechend überführt. Eine Benachrichtigungsfunktion informiert die Nutzer zudem über etwaigen Handlungsbedarf im Zuständigkeitsbereich ihrer einzelnen Projekte.



Abb. 3: Benutzeroberfläche des elastiMass Visualisierungs-Toolsbenbereiche unterschiedlicher R-Pakete.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten

Die Plattform kann überall dort eingesetzt werden, wo HRMS-Daten vergleichbarer Qualität über einzelne Projekte hinweg gebündelt und zur Abfrage solcher großen Datenmengen möglichst automatisiert strukturiert werden sollen. Dies kann Aufgabenfelder in laborübergreifenden Anwendungen mit einem gemeinsam genutzten Server aber auch in einzelnen Laboren ohne Server-Einsatz betreffen. Zudem lassen sich mit dieser Plattform zwischen unterschiedlichen Datenbanken bzw. Nutzerkreisen Substanz- und NTS-Beobachtungslisten austauschen, wobei Einträge auf ihr Konfidenz-Level hin abgeglichen und Retentionszeiten angeglichen werden können. Die Schirmherrschaft zur langfristigen Maintenance, Versionskontrolle und Weitergabe von elastiMass liegt bei der IKSr. Eine Weitergabe der Plattform an weitere Institutionen im Bereich Umweltschutz und Umweltmonitoring ist vorgesehen und erfolgt nach vorheriger Antragstellung bei der IKSr.

Fazit

Die Implementierung des kombinierten enviMass/elastiMass-Workflows ist ein starkes Fundament für die zeitnahe Verarbeitung von HRMS-Daten und um NTS zukünftig über das retrospektive und lokal begrenzte Screening hinaus zu einem geräteübergreifenden Echtzeit-Monitoring komplexer Schadstoffdynamiken der nächsten Generation zu führen. Die Machbarkeit und die Funktionalität des Workflows hat sich im Routineeinsatz mit sieben teilnehmenden Laboratorien im Rheineinzugsgebiet bereits in einer mehrjährigen Testphase bewährt und zum Schutz eines internationalen Gewässers 1. Ordnung beigetragen.

Beteiligte Institutionen

Die Plattform wird in enger Kooperation mit den nachfolgend genannten Institutionen entwickelt. Alle Partner leisten einen wesentlichen Beitrag zur Etablierung und zum erfolgreichen Einsatz des Workflows:

- Administration de la gestion de l'eau (AGE), Luxemburg
- Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE), Schweiz
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), Frankreich
- Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Deutschland
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Deutschland
- Landesamt für Natur, Umwelt und Klima Nordrhein-Westfalen (LANUK), Deutschland
- Rijkswaterstaat – Ministerie for Infrastrucue en Waterstaat (RWS), Niederlande

Referenzen

- [1] Ondruch et al. (2024) Harmonized NTS in the regulatory framework on the Rhine. Poster. DOI: 10.13140/RG.2.2.34716.09600
- [2] IKSr (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins). Rhine project non-target screening [Website]. URL <https://www.iksr.org/de/iksr/rhein-2040/rhine-project-non-target-screening>.
- [3] R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>



Autoren | Kontakt

Dr. Martin Loos^a | Dr. Pavel Ondruch^b

^aenviBee GmbH | Waidstrasse 25 | CH-8037 Zürich | www.envibee.ch

^bInternationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSr) | 56068 Koblenz

Multifunktionale Laborflaschen aus PFA-Fluorpolymer

Die GL45-Laborflaschen von AHF analysentechnik eignen sich aufgrund ihrer Materialeigenschaften und Multifunktionalität besonders für Anwendungen, bei denen höchste Anforderungen an Reinheit und Probenintegrität gestellt werden. Dazu zählen Bereiche der Ultraspurenanalytik, etwa in der Halbleiterindustrie, Pharmazie, Geochemie oder Umweltanalytik. In der Umweltanalytik werden sie insbesondere für die HPLC-Methode der hydrophilen Interaktionschromatographie (HILIC) eingesetzt. Darüber hinaus finden diese Laborflaschen auch in der industriellen Produktion Verwendung beispielsweise als Verpackungsbehälter zur Lagerung oder zum Versand hochreiner und aggressiver Säuren oder aktiver pharmazeutischer Wirkstoffe (APIs).

Flexible Einsatzfähigkeit dank Normgewinde

Die Flaschen verfügen über ein GL45-Normgewinde. Dadurch ist auch eine multifunktionale und flexible Verwendung mit gängigen GL45-Adaptern oder Schraubkappen möglich. Passend dazu bietet AHF auch GL45-Adapter mit integrierter und frei beweglichem Verteilereinsatz an. Somit können Medien kontaminations- und verlustfrei zu- und ausgeführt oder Sonden und Elektroden platziert werden. Die Verwendung von Flaschenaufsatz-Dispensern ist ebenfalls möglich.

Beim Design der Laborflaschen wurde besonders auf die Bedürfnisse der Praxis geachtet: Die Flaschen sind starkwandig und stabil. Das PFA-Material ist sehr transparent, wodurch sich der Flascheninhalt gut erkennen lässt. Volumenmarkierungen erleichtern das Ablesen des Füllstandes. Die 1000 mL-Ausführung verfügt über Griffmulden für ein sicheres Handling der Flasche auch im gefüllten Zustand. Der mitgelieferte PFA-Schraubdeckel mit integrierter Dichtlippe sorgt dafür, dass die Flaschen fest und auslaufsicher verschließbar sind. Die Flaschen lassen sich aufgrund ihrer Materialeigenschaften gut reinigen und oft wiederverwenden.

Chemisch inertes und robustes PFA-Material

Die GL45-Laborflaschen bestehen aus dem Fluoropolymer PFA, welches hochrein, säurebeständig, chemisch inert, temperaturbeständig von -200 °C bis +260 °C und bruchstabil ist. Dabei zeigt es keine Wechselwirkung mit biochemischen Substanzen.

Kontakt

AHF analysentechnik AG
Kohlplattenweg 18 | 72074 Tübingen | www.ahf.de

DATA

HIVE

FUNCTION

PREDICTION
VIEWRETROSPECTIVE
VIEW

Retrospektiver Einsatz von Non-Target-Screening

Moderne Datenspeicherung, -nutzung und -interpretation

Dr. Stefan Bieber | PD Dr. Thomas Letzel

Massenspektrometrisches Non-Target Screening ist nun seit über 10 Jahren instrumentell etabliert. Für die retrospektive Nutzung der Daten werden diese neuerdings in einer NTS-HIVE-Plattform zusammengeführt und in einem Container-Konzept mit Datenauswerte- und Dateninterpretationsstrategien kombiniert.

Vor zwölf Jahren versuchten wir erstmals Non-Target-Screening (NTS), Suspects-Screening und Target-Screening bzw. „Known Unknowns“ und „Unknown Unknowns“ begrifflich einzuordnen und deren Bedeutung für die damals noch am Start befindliche Analytik zu klären [1]. Heute, im Jahr 2025, sind diese Begrifflichkeiten, besonders die des NTS, nicht nur viel diskutiert, sondern eben auch systematisch weiterentwickelt und professionell genutzt. Abbildung 1 spiegelt dabei exemplarisch den gesamten Prozess eines typischen NTS-Ansatzes und teilt diesen in die relevanten Sektoren Probe(n)vorbereitung (gelber Kasten), instrumentelle Analyse (roter Kasten), Datenauswertung (hellblauer Kasten) und Dateninterpretation (dunkelblauer Kasten) ein.

Dabei werden in der praktischen Anwendung die Probenahme, die Probenvorbereitung sowie die chromatographische Trennung, hier mittels Flüssigchromatographie (LC) bzw. Superkritischer Fluidchromatographie (SFC) in Kombination mit hochakkurater und hochaufgelöster (tandem)massenspektrometrischer Detektion (HRMS) schon heute robust und nachhaltig eingesetzt. Ein repräsentatives Beispiel hierfür gibt es seit 2019 als Leitfaden für die Wasseranalytik [2] und mittlerweile in einer aktualisierten Version mit dem Vorschlag für einen branchen-relevanten NTS-Referenzmix und neuen Kapiteln zu Validierungs- und Qualitätssicherungskonzepten [3].

Einige aus der experimentellen Analytik (z.B. durch die Nutzung von internen Standards (IS) des NTS-Referenzmixes) erfassbaren qualitativen und quantitativen Parameter sowie physiko-chemische Informationen für die Datenauswertung sind der Abbildung 2 zu entnehmen. Diese Parameter erlauben den einfachen Transfer der Güte von den bekannten IS auf „unbekannte

Substanzen“. Schon jetzt sind die gleichzeitige Datenauswertung einer Vielzahl von NTS-Messungen sowie deren Dateninterpretation oftmals das Herzstück zur Generierung professioneller und neuartiger Information mit retrospektivem Ansatz. In den vergangenen Jahren entwickelten einige Hersteller von HRMS Analysegeräten immer weiter ausgefeilte Softwaretools zur Datenauswertung (Abb.1 Mitte; hellblauer Kasten und Abb. 3 blauer Kasten), aber auch freie Softwareentwickler wurden hier tätig. Letztere entwickelten zuletzt auch verstärkt unterschiedliche Werkzeuge zur individuellen Dateninterpretation (Abb. 2 rechts; dunkelblauer Kasten und Abb. 3 grüner Kasten). Um diese kommerziellen und nicht-kommerziellen Produkte zur Datenauswertung und -interpretation nun flexibel aber nachvollziehbar nutzen zu können ist die Kombination aller Werkzeuge in einem sogenannten Containerkonzept notwendig. Ein solcher Ansatz kombiniert die NTS-HIVE Plattform und zeigt in Abbildung 3 ein beispielhaftes Schema. Solch ein Container beinhaltet als zentrale Einheit beispielsweise ein elektronisches Laborbuch, ein Repositorium, retrospektiv nutzbare Daten(banken) aber auch Schnittstellen zu LIMS-Systemen sowie generellen Auswerte-Workflow (Abb. 3 Mitte) und verknüpft grundlegende Datenauswertemöglichkeiten (Abb. 3 linke Seite) und spezialisierte sowie angewandte Dateninterpretationstools (Abb. 3 rechte Seite). Dabei wird sichergestellt, dass die Eindeutigkeit und Nachvollziehbarkeit der instrumentellen Daten, der prozessierten Daten und deren Interpretation immer in einen eigens definierten Zeitraum in einer unveränderten Umgebung arbeiten kann und die Ergebnisse vergleichbar bleiben. Erst nach einer bewusst gewählten Periode der Nutzung wird man die im Container enthaltenen Werkzeuge aktualisieren und dann gezielt die vorherigen Daten nochmal neu prozessieren oder aber als neues Projekt starten (analog zur Anschaffung neuer Geräte). Solch ein Zusammen-

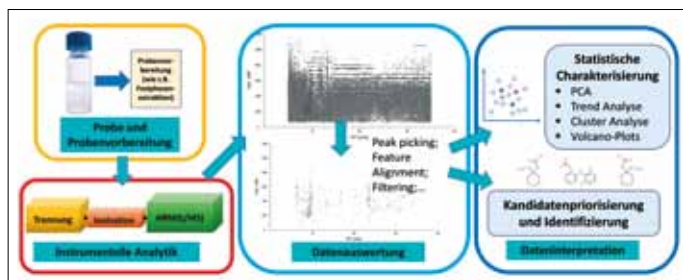


Abb. 1: Generischer Workflow im massenspektrometrischen Non-Target-Screening.

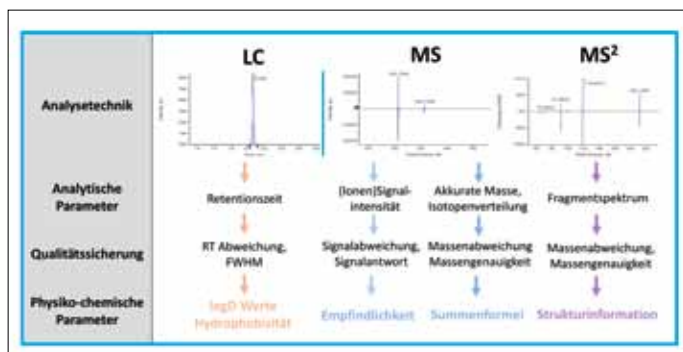


Abb. 2: Schematische Einordnung der LC-MS/MS als instrumentelle Analytik mit Darstellung der entsprechenden erfassbaren Parameter, Qualitätskriterien und daraus resultierende physiko-chemische Eigenschaften.

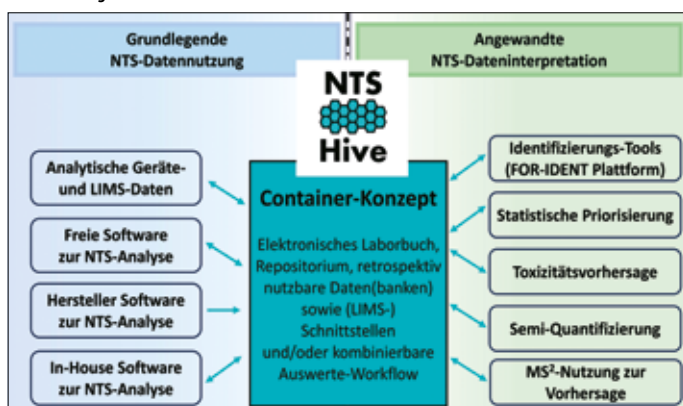


Abb. 3: Schematische Darstellung eines retrospektiv nutzbaren Containerkonzeptes auf Basis der (open semantic lab) NTS-HIVE-Plattform als zentrale Stelle von Datenspeicherung, -handhabung, -interpretation sowie als Ausgangsstelle zur Anwendung in Systemen für intelligente Datennutzung.

schluss von Datenauswerte- und Dateninterpretationstools verändert aktuell die Arbeitsweise im massenspektrometrischen Non-Target-Screening. Er liefert auch am Langenauer Wasserforum Konzepte für analytische Labore sowie deren Nachvollziehbarkeit und Kombination von Non-Target-Screening mit klassischer quantitativer Molekülanalytik (z.B. über LIMS) und Summenparametern in der Wasseranalyse (siehe auch die Poster mit den Nummern P09 und P10 auf dem Langenauer Wasserforum).

Literatur

- [1] T. Letzel (2013) Non-Target Screening, Suspected-Target Screening und Target Screening – von Technologien und Philosophien, von Datenbanken und vom Handwerk. (Molekülgenaue Detektivarbeit); Labor & More, 2013, 4, 30-35. Download unter <http://www.laborundmore.com/research/8504,847909/Dr.-Thomas-Letzel/Non-Target-Screening,-Suspected-Target-Screening-und-Target-Screening-%E2%80%93.html>
- [2] W. Schulz, et al., (2019) Leitfaden zur Anwendung des Non-Target-Screenings mittels LC-ESI-HRMS in der Wasseranalytik. Ausgabe 1.0 2019; Download unter https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Wasserchemische_Gesellschaft/Publikationen/Leitfaden_NTS_DE.pdf
- [3] W. Schulz, et al., (2025) Leitfaden zur Anwendung des Non-Target-Screenings mittels LC-ESI-HRMS in der Wasseranalytik. ISBN 978-3-947197-25-5; Ausgabe 2.0 2025 Download unter https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Netzwerk_und_Strukturen/Fachgruppen/Wasserchemische_Gesellschaft/Publikationen/Leitfaden_NTS_DE_V2_final.pdf



Autoren | Kontakt

PD Dr. Thomas Letzel | Dr. Stefan Bieber

AFIN-TS GmbH

Am Mittleren Moos 48 | 86167 Augsburg | www.afin-ts.de

CAMAG

HPTLC PRO MODULE DEVELOPMENT

Vollautomatische HPTLC-Entwicklung für maximale Reproduzierbarkeit und Effizienz.





Mobile Systeme zur *E. coli*-Überwachung in Gewässern

Einsatz und Validierung innovativer Messverfahren

Franziska Knoche | Dr. Dan Angelescu | Wolfgang Seis | Andreas Hausot

Die kontinuierliche Überwachung von Bakterien in Oberflächengewässern bleibt eine Herausforderung. Damit innovative, schnelle und automatisierte Messverfahren fundiert in Umweltentscheidungen – etwa im Badegewässermanagement – einfließen können, muss ihre Beziehung zu etablierten Labormethoden klar verstanden sein.

Hintergrund und Motivation

Städtische Oberflächengewässer unterliegen vielfältigen anthropogenen Belastungen, insbesondere durch diffuse und punktuelle Einträge von Schadstoffen, Nährstoffen und Pathogenen aus der städtischen Entwässerung. Mischwasserüberläufe und Regenabfluss führen insbesondere nach Starkregen zu kurzzeitigen Verschmutzungen, häufig mit fäkalen Einträgen aus häuslichen und tierischen Quellen. Dennoch werden viele dieser Gewässer für Freizeitaktivitäten wie das Baden genutzt, was ein striktes mikrobiologisches Qualitätsmanagement erfordert.

Weltweit existieren Richtlinien mit definierten mikrobiologischen Qualitätsparametern, wobei *Escherichia coli* (*E. coli*) gemäß WHO [1] als bevorzugter Indikator für fäkale Kontamination gilt. Die europäische Badegewässerrichtlinie [2] legt Mindestanforderungen an Qualität, Management und Überwachung fest und betont den Bedarf an zuverlässigen Frühwarnsystemen für kurzfristige Verschmutzungsereignisse.

Grenzen konventioneller Nachweisverfahren

Konventionelle *E. coli*-Nachweisverfahren beruhen auf manueller Probenahme und kulturabhängiger Analyse mittels Defined-Substrate-Technology (DST) in Kombination mit Most-Probable-Number-(MPN)-Methoden nach DIN EN ISO 9308-1/-3 [3, 4]. Diese Verfahren sind zeit- und arbeitsintensiv, erfordern Transport, Verdünnung und Inkubation über 18–72 Stunden und bergen potenzielle Fehlerquellen. Die lange Zeitspanne bis zum Ergebnis kann insbesondere an abgelegenen Badegewässern entweder Gesundheitsrisiken oder unnötige Badesperrungen verursachen.

Automatisierte Verfahren zur Echtzeitüberwachung

Zur Verkürzung dieser Reaktionszeiten werden zunehmend Verfahren ent-

wickelt, die eine in-situ-Probenahme und Echtzeitanalyse ermöglichen. Eine entsprechende Entwicklung ist die Alert-Technologie (Fluidion), die auf einem automatisierten Echtzeitverfahren mit definiertem Substrat basiert und sowohl in tragbaren als auch stationären Instrumenten verfügbar ist.

Zielsetzung der Studie

Ziel der vorliegenden Studie war die Bewertung des Potenzials der Alert-Technologie zur schnellen und verlässlichen Bestimmung fäkaler Indikatorbakterien. Hierzu wurden drei Gerätetypen – Alert LAB, Alert System V1 und Alert System V2 – mit der standardisierten Labormethode nach ISO 9308-3 hinsichtlich Messgenauigkeit, Reproduzierbarkeit und Robustheit verglichen.

Methodik und Versuchsaufbau

Alle Geräte nutzen ähnliche automatisierte Echtzeitverfahren unter Verwendung modifizierter definierter Substrate, unterscheiden sich jedoch in der Probenahme. Während beim tragbaren Alert LAB die Proben manuell entnommen werden, erfolgt die in-situ-Probenahme der Alert-Systeme automatisch über einen Vakuummechanismus [5]. Das Alert System V2, die neueste Gerätegeneration, verwendet Einweg-Messkartuschen, die Wartung und Bedienung deutlich vereinfachen und potenzielle Fehlerquellen reduzieren. Im ersten Untersuchungsjahr wurde eine siebenstufige Verdünnungsreihe (50 bis 10.000 MPN/100 mL) aus sterilisiertem Flusswasser mit 5 µm-filtriertem Klarlauf einer kommunalen Kläranlage hergestellt. Zur Erfassung intra- und interlaboratorischer Variabilitäten wurden von jeder Verdünnungsstufe 12 Aliquots in zwei unabhängigen, akkreditierten Laboratorien analysiert. Für das Alert LAB und das Alert System V1 wurden dabei 6 bzw. 7 Aliquots untersucht. Im zweiten Jahr wurde das Experiment für das Alert System V2 wiederholt, diesmal unter Einsatz eines einzigen Referenzlabors und mit 7 Aliquots je Verdünnungsstufe.

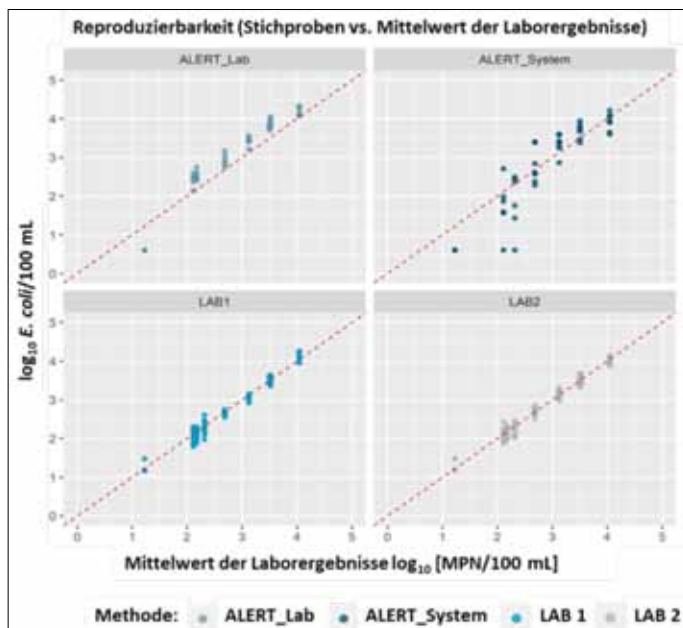


Abb. 1: Ergebnisse der Reproduzierbarkeitsstudie. Die Diagramme zeigen die einzelnen Messungen der beiden akkreditierten Labore (LAB1, LAB2; N = 12) und der beiden Alert-Geräte im Vergleich zu den Mittelwerten der Laborwerte. Die rote Linie zeigt $y = x$ an.

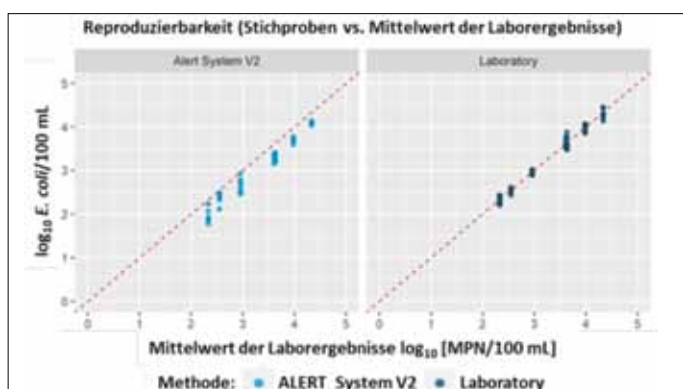


Abb. 2: Ergebnisse der Reproduzierbarkeitsstudie. Die Diagramme zeigen die einzelnen Messungen des akkreditierten Labors (Laboratory; N = 12) und des Alert-Systems V2 (N = 7) im Vergleich zu den Mittelwerten der Laborwerte.

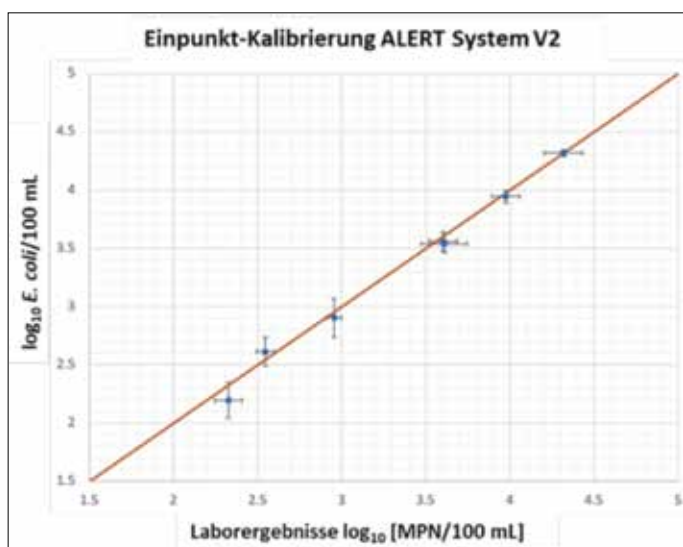


Abb. 3: Das Diagramm zeigt die Mittelwerte und Fehlerbalken nach Anwendung einer Einpunkt-Korrektur auf die Ergebnisse des Alert Systems V2 (N = 7) im Vergleich zu den Mittelwerten der Labor-referenzwerte.

Ergebnisse und Bewertung

Die geräte- und laborabhängige Präzision sowie die Abweichung der Geräteergebnisse im Vergleich zu den Laborreferenzen wurden berechnet (Abb. 1). Das Alert LAB zeigte eine mit den Laboren vergleichbare Präzision (Standardabweichung = 0,08 – 0,21 $\log_{10}$) und eine leichte Überschätzung von 0,12 $\log_{10}$ Einheiten.

Für das Alert System V1 ergaben sich ähnliche Resultate, jedoch nahm die Präzision bei niedrigen Konzentrationen ab (Standardabweichung = 0,45 – 0,71 $\log_{10}$), was auf die aufwendigen Wartungsprozesse des Systems zurückgeführt werden kann.

Die Ergebnisse des Alert System V2 (Abb. 2) zeigen eine deutlich verbesserte Präzision im unteren Konzentrationsbereich (Standardabweichung = 0,12 – 0,17 $\log_{10}$). Bei höheren Konzentrationen übertraf die gemessene Präzision sogar jene des Labors (0,03 $\log_{10}$ gegenüber 0,11 $\log_{10}$). Das Alert System V2 weist zudem eine hohe Linearität auf ($R^2 = 0,9936$).

Ein beobachteter Bias von 0,28 $\log_{10}$ -Einheiten konnte durch eine Einpunkt-Korrektur ausgeglichen werden, wodurch eine sehr gute Übereinstimmung über den gesamten Konzentrationsbereich erzielt wurde (Abb. 3).

Fazit

Sowohl das Alert LAB als auch das Alert-System V2 zeigten eine hohe Präzision, die mit den Ergebnissen der Referenz-Labormethode vergleichbar oder dieser sogar überlegen war. Besonders beim Alert System V2 führten das vereinfachte Wartungskonzept und der Einsatz von Einweg-Messkartuschen zu einer deutlich schnelleren Wartung und zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit.

Allgemein zeigen die Ergebnisse, dass automatisierte Schnellmessverfahren für den Nachweis fäkaler Indikatorbakterien eine leistungsfähige und zuverlässige Alternative zu konventionellen, kulturabhängigen Methoden darstellen können. Sie ermöglichen eine deutlich verkürzte Zeitspanne zwischen Probenahme und Ergebnis und reduzieren potenzielle Fehlerquellen durch manuelle Handhabung. Damit eignen sich solche Systeme insbesondere für die kontinuierliche Überwachung und frühzeitige Erkennung mikrobiologischer Belastungen, was eine fundierte und zeitnahe Entscheidungsfindung im Umwelt- und Gewässermanagement unterstützt.

Referenzen

- [1] World Health Organization (WHO) (2017): Guidelines for Drinking-water Quality, 4th Edition, Geneva.
- [2] Richtlinie 2006/7/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Februar 2006 über die Qualität der Badegewässer und deren Bewirtschaftung. Amtsblatt der EU L 64/37, 4. März 2006.
- [3] DIN EN ISO 9308-1:2017-09. Wasserbeschaffenheit – Zählung von Escherichia coli und coliformen Bakterien – Teil 1: Membranfiltrationsverfahren. Berlin: Beuth Verlag.
- [4] DIN EN ISO 9308-3:1999-10. Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von Escherichia coli und coliformen Bakterien – Teil 3: Miniaturisiertes Verfahren (MPN-Verfahren). Berlin: Beuth Verlag.
- [5] Angelescu, D., Huynh, V., Hausot, A., Yalkin, G., Plet, V., Mouchel, J.-M., Guérin Rechdaoui, S., Azimi, S. & Rocher, V. (2018) Autonomous system for rapid field quantification of Escherichia coli in surface waters. Journal of applied microbiology. 126(1), 332–343.



Autoren | Kontakt

Franziska Knoche* | Dr. Dan Angelescu | Wolfgang Seis | Andreas Hausot

*Korrespondierende Autorin

Kompetenzentrum Wasser Berlin gGmbH

Grunewaldstraße 61 – 62 | 10825 Berlin | www.kompetenz-wasser.de

Effiziente Wasseranalytik

Warum offline, wenn's auch online geht?

Foto: BASF SE

Interview mit Dr. Monika Wortberg | Senior Lab Manager Umweltanalytik und Wasser/Dampf-Überwachung bei der BASF.

Welche Bedeutung hat das Thema Wasser / Wasseranalytik in der BASF?

Dr. M. Wortberg: Wasser hat eine zentrale Bedeutung für den BASF-Standort Ludwigshafen: Es ist wichtig zur Kühlung von Anlagenteilen im Produktionsprozess, als Medium zum Transport von Energie in Form von Dampf, als Bestandteil von Verkaufsprodukten und natürlich als Prozessabwasser, das aufgearbeitet und in der Kläranlage gereinigt werden muss. Und ohne Wasser gäbe es keinen Schiffstransport von Produkten und Rohstoffen über den Rhein.

Die Wasseranalytik hat einen hohen Stellenwert bei der BASF. Eine Vielzahl von verschiedenen Wässern wird offline und online untersucht. Das reicht von VE-Wasser, Kondensat und Kühlwasser über Zu- und Ablauf der Kläranlage bis hin zur Analytik von Abwasserströmen aus Betrieben. Wir nutzen Analysemethoden für Summenparameter, Metallionen, anorganische Ionen und organische Einzelstoffe.

Wo liegen hier die Schwerpunkte?

Dr. M. Wortberg: Schwerpunkte sind zum einen die Überwachung von Abwasser und Kühlwasser zum Schutz der Umwelt und zur Erfüllung behördlicher Auflagen. Zum anderen müssen Dampferzeugungsanlagen vor Korrosion geschützt werden und der erzeugte Dampf vor Kontamination. Außerdem muss die Reinheit des Wassers in wasserhaltigen Verkaufsprodukten sichergestellt sein.

Viele Analysen werden online durchgeführt, das bedeutet, die Analytik wird zur Probe gebracht und nicht umgekehrt, und die Analytik erfolgt quasi in Echtzeit. In der Automatisierung von Online-Wasser-Analysen ist die BASF stark aufgestellt. Das reicht von der kontinuierlichen Messung von Summenparametern (z.B. DOC, pH, Leitfähigkeit, gelöste Gase), anorganischen Ionen bis hin zu einer großen Palette von organischen Einzelstoffen, letzteres speziell im Abwasserbereich.

Welchen Stellenwert hat hier die instrumentelle Analytik?

Dr. M. Wortberg: Ohne Instrumente (fast) keine Analytik.

Was ist für Sie im Laboralltag von besonderer Bedeutung?

Dr. M. Wortberg: Neben robusten, zuverlässigen Laborgeräten sind vor allem Automatisierung und Digitalisierung die Haupt-Themen. Cybersicherheit sowie Datensicherheit und Datenintegrität haben einen hohen Stellenwert. Da wir in der Einheit „Umweltanalytik und Wasser/Dampf-Überwachung“ auch Störungsanalytik und andere zeitkritische Analysen durchführen, müssen wir schnelle Methoden entwickeln, die im Ernstfall rund um die Uhr unmittelbar einsatzbereit sind.

Welche Trends erkennen Sie dabei?

Dr. M. Wortberg: Der Trend geht in Richtung Analytik 4.0. Also sowohl Automatisierung des ganzen Analysenprozesses von der Probenvorbereitung bis zum Ergebnis als auch Digitalisierung durch Anbindung von Analysengeräten direkt an ein LIMS. Auch die KI wird vermehrt in den Laboralltag integriert.

In der Chromatographie dominiert aktuell die Kombination von (polarer) Flüssigchromatographie mit hochauflösender Massenspektrometrie. Beides ist getrieben dadurch, dass die klassische Target-Analytik durch Non-Target-Screening abgelöst wird und dass polare Stoffe bzw. Metabolite eine größere Rolle spielen. Allgemein sind mehrdimensionale Kopplungstechniken im Trend, ebenso das Thema Nachhaltigkeit im Labor sowie digitale Datenaufbewahrung und -handhabung.

Jenseits der klassischen Kopplungstechniken könnten vermehrt Bioassays und wirkungsbezogene Analytik eingesetzt werden, ebenso die PCR-Analytik zur Pathogen-Detektion in kommunalen Abwässern bei einer zukünftigen Pandemie.

Und welche Bedeutung haben dabei Automatisierung und KI?

Dr. M. Wortberg: Die Automatisierung ist schon lange aus der Analytik nicht wegzudenken. Allein aufgrund des zunehmenden Fachkräftemangels und der höheren Komplexität der Proben und der Anforderungen an die Analytik wird Automatisierung immer essenzieller. KI wird uns helfen, die Fülle von Analysendaten und Geräteparametern effizienter zu nutzen. Wir werden Datentrends und Korrelationen durch KI einfach erkennen. Idealerweise können wir dadurch Ausfälle von Geräten oder in Anlagen vorher-sagen und durch rechtzeitiges Eingreifen verhindern. Das gilt auch für Pro-zesse wie z.B. die Steuerung einer Kläranlage.

Wohin wird sich das Labor der Zukunft aus Ihrer Sicht entwickeln?

Dr. M. Wortberg: Das Labor der Zukunft ist vernetzt, die Prozesse und Datenwege sind transparent. Benutzer können zu jedem Zeitpunkt auf Daten sowie Geräteparameter zugreifen. Letzteres unterstützt bei der Vorhersage von Wartungsbedarf und hilft, ungeplante Ausfälle im besten Falle zu verhindern.

Manuelle Arbeiten werden immer weniger wichtig. Dafür benötigen Labor-mitarbeiterinnen und Labormitarbeiter mehr IT-Kenntnisse als in der Ver-gangenheit. Andererseits wird die Bedienung von Software und Geräten intuitiver werden und die Anwender werden von KI unterstützt.

Welche Erwartungen stellen Sie dabei an die Gerätehersteller?

Dr. M. Wortberg: Von den Geräteherstellern erwarte ich, dass die Bedürf-nisse der Kunden an Automatisierung und Vernetzung besser berück-sichtigt werden als bisher. Die Möglichkeiten, Analysendaten von Geräten verschiedener Hersteller auszutauschen und auszuwerten sind noch zu wenig ausgeprägt. Proprietäre Softwarelösungen führen zu Insellösungen und behindern den Datenaustausch.



Kontakt

Dr. Monika Wortberg

BASF SE
Carl-Bosch-Strasse 38 | 67056 Ludwigshafen am Rhein
www.basf.com

MAGNETRÜHRER

- ☞ 100% verschleiß- und wartungsfrei
- ☞ Tauchbar und temperaturbeständig
- ☞ Langlebig und nachhaltig
- ☞ 3 Jahre Gewährleistung
- ☞ Made in Germany



Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie in der Praxis

Rückblick auf den ersten HPTLC-Anwenderkurs der Deutschen Sektion der HPTLC Association

Prof. Dr. Melanie Broszat | Prof. Dr. Bernd Spangenberg

Am 23. und 24. September 2025 fand an der Hochschule Offenburg der erste HPTLC-Anwenderkurs der Deutschen Sektion statt. Auf dem Programm standen aktuelle Anwendungen der Hochleistungs-Dünnschichtchromatographie von Grundlagen bis zu Automatisierung, Troubleshooting und nachhaltiger Analytik.

Den Anfang machte Bernd Spangenberg mit seinem Vortrag über das Thema Laufmittelloptimierung in der HPTLC und am zweiten Tag über die Möglichkeiten zur Quantifizierung. HPTLC wird heute überwiegend qualitativ eingesetzt, wobei die Methode auch quantitativ genutzt werden kann. Um die Fallstricke der quantitativen HPTLC zu erkennen, brauchte es eine kurze Rekapitulation der „chromatographischen Essentials“. Der Retentionsfaktor k beschreibt die Zeit, die eine Substanz in der mobilen oder der stationären Phase verbringt (t_m bzw. t_r) und hängt auf einfache Weise mit dem R_F -Wert zusammen: $k = \frac{t_r}{t_m} = \frac{1}{R_F} - 1$

Ein ausgewählter k -Bereich definiert in der (HP)TLC eine R_F -Zone, die als „Polaritätsfenster“ bezeichnet wird. Alle Substanzen mit k -Werten außerhalb dieses Bereichs bewegen sich entweder nur eine kurze Strecke von der Probeauftragung weg oder wandern in der Lösungsmittelfront mit. In beiden Fällen können Substanzen nicht voneinander getrennt werden. Enthält eine Probe viele Komponenten unterschiedlicher Polarität, kann der k -Bereich eines (HP)TLC-Systems in der Regel nur für einige dieser Substanzen, z. B. für Estron, Estradiol und Estriol, auf optimale Trennbedingungen eingestellt werden. Dies ist die eigentliche Stärke der (HP)TLC, da in den meisten Proben nur ein einziger Analyt oder eine Klasse chemisch ähnlicher Analyte bestimmt werden muss. Es ist dann nicht notwendig, alle Verbindungen einer Probe aufzutrennen. Es ist lediglich erforderlich, den k -Wert der Trennung auf den optimalen Wert von $k = 2$ einzustellen, so dass die Analyte in einen R_F -Bereich um $R_F = 0.33$ wandern. Mit spezifischen Färbereagenzien zur Bildung charakteristischer farbiger oder fluoreszierender Banden ist die (HP)TLC-Methode schnell, arbeitet parallel und reduziert

die Probeaufreinigung durch die Verwendung von Einwegplatten auf ein Minimum. Der Einsatz von Enzymen zur Analytdetektion ist problemlos möglich, da in der (HP)TLC in der stationären Phase gemessen wird [1].

Es kann quantitativ ausgewertet werden, wenn sichergestellt ist, dass bei den chromatographischen Entwicklungsbedingungen der k -Wert des Analyten auf der Standardbahn mit dem der Probefahrbahn identisch ist. Zur Auswertung werden die reflektierten Lichtintensitäten $I(\lambda)$ einer Bahn gemessen und mit dem Referenzwert einer sauberen Plattenstelle $I_0(\lambda)$ zu den Remissionswerten $R = I/I_0$ umgerechnet. Die erweiterte Kubelka/Munk-Gleichung erlaubt nun – ähnlich wie das Lambert/Beer-Gesetz – eine Transformation zu linearen Kalibrationsgeraden im Bereich von wenigen ng bis etwa 10 µg pro Spot [2]. Zur Fehlerreduktion muss nur noch ein letzter Punkt berücksichtigt werden. Eine Fehlerbetrachtung der Scanner-Messtechnik zeigt, dass nur R -Werte im Bereich von 0.2 bis 0.7 optimal sind und statistisch gesicherte Gesamtfehler von unter 2.5% relativer Standardabweichung zulassen. Dabei wird der Wert des Gesamtfehlers umso niedriger, je mehr Standard- und Probefahrbahnen man auf eine HPTLC-Platte auswertet, weil die entsprechenden Studentfaktoren dann immer kleiner werden und der mittlere Fehler einer Messreihe mit n Einzelmessungen eh mit dem Faktor $\sqrt{n}$ sinkt [3].

In einem weiteren Theorieblock des ersten Kurstags wurde das wichtige Thema Sustainability in der HPTLC von Michaela Oberle, Fa. Merck, vorgestellt. Sie präsentierte alternative, bio-basierte Lösungsmittel wie Ethylacetat aus erneuerbaren Quellen, Cyclopentylmethylether oder 2-MeTHF und



Abb. 1: Erfahrungs- und Kommunikationsaustausch im Kurs- und Rahmenprogramm.

ordnete diese mithilfe der Green Analytical Chemistry Metrics wie GAPI oder AGREE hinsichtlich Nachhaltigkeit ein. Die Teilnehmenden diskutierten Einsparpotenziale, regulatorische Anforderungen und die Rolle der HPTLC als besonders „grüne“ Methode: durch geringe Lösungsmittelmengen und parallele Analytik mehrerer Proben. Im Anschluss an die Theorieeinheiten erprobten die Teilnehmenden das Gelernte eigenständig in verschiedenen Praxisstationen. So wurde etwa in der Methodenentwicklung direkt mit unterschiedlichen Lösungsmitteln gearbeitet, um die Theorie zur Laufmittelenwicklung und -optimierung anzuwenden. Parallel dazu konnten ätherische Öle analysiert und charakteristische Substanzmuster sichtbar gemacht werden (HPTLC Fingerprints).

Der zweite Kurstag startete mit Theorieblöcken, die sich praxisnahen Herausforderungen in der täglichen HPTLC-Anwendung widmeten. Margit Werther von Camag vermittelte in ihrem Vortrag mit anwendungsbezogenen Beispielen typische Fehlerquellen bei der Probeaufgabe, Plattenentwicklung und Derivatisierung. Von Matrixeffekten über Kammerdichtheit bis zu falscher Wahl des Lösungsmittels wurden zahlreiche „Stolpersteine“ der täglichen Praxis behandelt – stets mit pragmatischen Lösungen und Hinweisen zur Fehlervermeidung. Ein weiterer Block befasste sich mit der Kopplung der HPTLC an biochemische und biologische Testverfahren. Dr. Christel Weins, Büro für wirkungsbezogene Analytik in Umwelt und Lebensmitteln, sowie Dr. Sebastian Buchinger von der Bundesanstalt für Gewässerkunde zeigten, wie hormonelle, antibiotische oder genotoxische Wirkungen in Umweltproben direkt auf der HPTLC-Platte nachgewiesen werden können. Besonders praxisrelevant ist die Anwendung von Reporterzellen wie gentechnisch veränderte Hefen im YES-Test (Yeast Estrogen Screen) zur Erkennung östrogenen Aktivität in Wasserproben [4], die Detektion von neurotoxischen Stoffen durch Enzymhemmung auf der Platte, oder die Bestimmung von Photosystem-II-Inhibitoren in Wasser durch die Süßwasseralge *Desmodesmus suspicatus* in Kombination mit HPTLC [5]. Die wirkungsbezogene Analytik ist ein effizientes Screening-Instrument im Gewässermonitoring, insbesondere bei komplexen Matrices. Im praktischen Teil am zweiten Tag standen quantitative Auswertung, Validierung und Automatisierung im Fokus. Gruppenarbeitsphasen mit wechselnden Stationen ermöglichten es, sowohl klassische Scanner-Auswertung als auch automatisierte HPTLC kennenzulernen. Melanie Broszat und Markus Flörs, Zweckverband Landeswasserversorgung Langenau, zeigten, wie das automatisierte HPTLC PRO System von CAMAG den Workflow standardisiert, Fehlerquellen minimiert und die Reproduzierbarkeit erhöht, essenzielle Schritte in der Routineanalytik und der Weg zur Hochdurchsatzmethodik.

Fazit

Der erste Anwenderkurs der Deutschen Sektion der HPTLC Association war nicht nur inhaltlich ein Erfolg, sondern markierte auch einen wichtigen Schritt zur Vernetzung und Weiterbildung der HPTLC-Community im deutschsprachigen Raum. Die Themenfelder Nachhaltigkeit, Automatisierung, Fehlervermeidung und Biotests wurden auf hohem Niveau vermittelt und praxisnah eingeübt. Gerade in der Umwelt- und Wasseranalytik zeigt sich, wie leistungsfähig und flexibel die HPTLC ist, sowohl im klassischen

Screening als auch bei gezielten Fragestellungen. Durch ihre einfache Handhabung, parallele Bearbeitung vieler Proben und den geringen Ressourcenverbrauch ist sie prädestiniert für eine moderne, nachhaltige Analytik.

Zukünftige Veranstaltungen zielen darauf ab, neue Impulse für die Anwendung der HPTLC zu setzen.

Literatur

- [1] Bernd Spangenberg, Quantitative Dünnschichtchromatographie, Springer 2014, ISBN 978-3-642-55102-4, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-55102-4>
- [2] Bernd Spangenberg, Chapter 6 - Theory and instrumentation for in situ detection, Editor(s): Colin F. Poole, In Handbooks in Separation Science, Instrumental Thin-Layer Chromatography (Second Edition), Elsevier, 2023, Pages 143–163, ISBN 9780323999700, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99970-0.00008-9>.
- [3] Bernd Spangenberg, Quality control in pharmaceutical analysis by diode-array thin-layer chromatography: quantification of trimethoprim and sulfamethoxazole as a case study. JPC-J Planar Chromat (2023) 36, 377–391. <https://doi.org/10.1007/s00764-023-00276-7>
- [4] Sebastian Buchinger, Denise Spira, Kathrin Bröder, Michael Schlüsener, Thomas Ternes, and Georg Reifferscheid. "Direct Coupling of Thin-Layer Chromatography with a Bioassay for the Detection of Estrogenic Compounds: Applications for Effect-Directed Analysis", Analytical Chemistry (2013) 85 (15). 7248–56. <https://doi.org/10.1021/ac4010925>.
- [5] Carolin Riegraf, Georg Reifferscheid, Benjamin Becker, Shimshon Belkin, Henner Hollert, Ute Feiler, and Sebastian Buchinger, Detection and Quantification of Photosystem II Inhibitors Using the Freshwater Alga *Desmodesmus subspicatus* in Combination with High-Performance Thin-Layer Chromatography, Environmental Science & Technology (2019) 53 (22), 13458–13467, DOI: 10.1021/acs.est.9b04634.



Autoren | Kontakt

Prof. Dr. Melanie Broszat | Prof. Dr. Bernd Spangenberg

Hochschule Offenburg | Fakultät M+V

Badstrasse 24 | 77652 Offenburg

germany.chapter@hptlc-association.org | www.hptlc-association.org

Weltleitmesse analytica 2026

Eintauchen und die ganze Welt des Labors erleben

Susanne Grödl

Vom 24.-27. März 2026 findet die analytica in München statt. Die Weltleitmesse für Analytik, Labortechnik und Biotechnologie setzt als Innovationsbarometer der Branche wichtige Impulse für zukünftige Trends im Labor.

Innovationen haben Tradition auf der analytica. In München werden die aktuellsten Entwicklungen und neuesten Produkte präsentiert. Dabei zeichnen sich auf der nächsten analytica drei große Trends ab, die KI-gestützte Laborautomatisierung, die Digitalisierung und das wichtige Thema Nachhaltigkeit.

Mit der Laborautomatisierung wird die Qualität der Laborarbeit in der Forschung und Routine gesteigert, effizienter, sicherer und nachhaltiger. Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen erleichtern darüber hinaus die Bedienbarkeit. Wie die erfolgreiche Umsetzung der Laborautomatisierung in der Praxis gelingt, wird auf der analytica gezeigt. Hier stellen die Global Player neuartige Automatisierungstechnik und praxistaugliche Vernetzungsmöglichkeiten für das Labor der Zukunft vor. Automatisierte Probennahme- und Probenaufgabetechniken für hohe Probeaufkommen, kontinuierliche Analysen und Überwachungen der Messparameter bis zur Datenauswertung und digitalen Datenspeicherung machen die Laborarbeiten nicht nur präziser, sondern auch transparent.

Die analytica macht die digitale Transformation in der Laborwelt erlebbar. Die Weltleitmesse für Analytik, Biotechnologie und Labortechnik spiegelt die Digitalisierung im Labor und setzt wichtige Impulse für die zukünftigen Entwicklungen in der digitalen Transformation. Die Digitalisierung leistet einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Nachhaltigkeit im Labor. Namhafte Marktführer und innovative Startups informieren in München über intelligente Analysengeräte und smarte Labortechnik. Neben der Ausstellung haben die Besucher die Möglichkeit im Live Lab und in der Sondershow „Digitale Transformation“ live zu entdecken, wohin sich das digitale Labor in der Zukunft entwickeln wird. Hier wird eine durchgängige digitale Lösung für die Trinkwasseranalytik gezeigt, bei der sowohl biologische als auch chemische Indikatorparameter erfasst und zusammen mit allen relevanten Metadaten zentral im LIMS bereitgestellt werden. Der Labormitarbeiter wird dabei nicht durch eine vollautomatisierte Anlage ersetzt, sondern durch eine

konsequent digitalisierte Prozessführung maschinenunterstützt durch alle Untersuchungsschritte geleitet. Durch die modulare Hard- und Softwarearchitektur kann das System flexibel an die individuellen Anforderungen angepasst werden, sowohl im Hinblick auf den Funktionsumfang als auch auf den Probendurchsatz.

Mit der analytica wird die Laborwelt grüner. Auf der Weltleitmesse in München wird offensichtlich, wie mit energieeffizienten Geräten, automatisierten Laborprozessen für biologische und chemische Analysen, aber auch mit umweltfreundlichen Chemikalien die Nachhaltigkeit im Labor wesentlich gesteigert werden kann. Ein ausgewähltes Prozessdesign kann den Einsatz von Single-use-Produkten erheblich reduzieren, Ressourcen schonen und die Kosten senken. Digitalisierte Prozesse und neue Analysenmethoden in Kombination mit KI-gestützter Automatisierung gewährleisten maximale Effizienz und Transparenz in präzisen und ressourcenschonenden Arbeitsabläufen.

Auf der analytica erhalten die Fachbesucher einen aktuellen und umfassenden Überblick über die gesamte Breite wichtiger Entwicklungen und Innovationen der Analytik und Labortechnik. Wichtige Zukunftstechnologien wie maschinelles Lernen, Laborautomatisierung, Digitalisierung und KI haben in der Wertschöpfungskette im Labor ihren Platz gefunden.

Autorin | Kontakt

Susanne Grödl

Messe München GmbH
Global Industry Lead | Projektleitung analytica
Messegelände | 81823 München | www.analytica.de



Energie sparen leicht gemacht mit dem Köttermann EcoPlus

- ✓ Bis zu 40 % weniger Betriebskosten
- ✓ Geprüfte Sicherheit nach DIN EN 14175
- ✓ Langlebig: Stahl – 100 % recycelbar



Jetzt konfigurieren



Trinkwassertafel

Zuverlässig & sparsam

Die vormontierte Trinkwassertafel zur Überwachung von pH, Leitfähigkeit, Redox, Sauerstoff, Chlor und Trübung erfüllt vielfältige Aufgaben bei der Qualitätsüberwachung. Die bewährte und zuverlässige Messtechnik – IDS-Sensoren und IQ SENSOR NET – ist modular, so dass auch individuelle Lösungen einfach umsetzbar sind.



Digital vernetzt durch vielseitige Feldbus-Kommunikation für eine sichere Datenübertragung



Kompaktes und effizientes Design für eine einfache Handhabung im Arbeitsalltag



Wassereinsparung durch geringen Volumenstrom

xylemanalytics.com

