

Neue gesetzliche Vorgaben, Forschungsergebnisse und Konzepte zur Roh- und Trinkwasserüberwachung

Dr. Wolfram Seitz, Dr. Wolfgang Schulz und Dr. Regine Fischeder

Kurzfassung

Während die Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) in der aktuellen Fassung die analytische Überwachung nur des abgegebenen Trinkwassers regelt, soll zukünftig (nach Umsetzung der neuen EG-Trinkwasserrichtlinie) auch die Untersuchung des Rohwassers bei der Gestaltung eines ganzheitlichen Überwachungskonzeptes berücksichtigt werden. Für die Landeswasserversorgung (LW) ist dies ein wichtiger Bestandteil des Risikomanagements: drohende neue Belastungen für die genutzten Ressourcen sollen möglichst frühzeitig erkannt werden, um vorausschauend geeignete Maßnahmen ergreifen zu können.

Ein wichtiger Schritt in Sachen Risikobewertung war die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema organische Spurenstoffe, weshalb sich die LW an den Forschungsvorhaben ASKURIS, RISK-IDENT und TransRisk beteiligte. Hierzu zählen u. a. Pflanzenschutzmittel und Biozide, Arznei- und Röntgenkontrastmittel, Haushalts- und Industriechemikalien sowie hormonell wirksame Substanzen und deren Abbauprodukte. In Kläranlagenabläufen und Gewässern konnten viele neue umweltrelevante Spurenstoffe nachgewiesen werden, welche bisher noch nicht im Fokus der Untersuchungen standen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse ließ sich eine Auswahl nur weniger Indikatorstoffe treffen, um die anthropogene Beeinflussung des Wassers schnell orientierend hinsichtlich organischer Spurenstoffe einschätzen zu können.

Mit dem Einbezug der Rohwasseruntersuchung in das Konzept der Trinkwasserkontrolle ist ein wichtiger Schritt getan. Dennoch stellt die zunehmende Anzahl von in Roh- und Trinkwasser nachgewiesenen organischen Spurenstoffen eine Herausforderung für die Überwachung und Bewertung der Trinkwasserqualität dar. Es existiert eine zeitliche „Lücke“ in der Kette zwischen Substanznachweis und Bewertung. Überbrückt werden könnte dies durch in das Monitoring von Roh- und Trinkwasser eingebundene Messen von Wirkungen. Der Wirkungsbezogenen Analytik wird dabei eine wichtige Rolle beigemessen. Bis zu einer routinemäßigen Anwendung eines solchen Monitorings sind jedoch weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich.

Summary

The current version of the German drinking water ordinance (TrinkwV 2001) lays down the rules for the analytical monitoring of the drinking water supplied, only. In future (and after the implementation of the new EC drinking water directive), however, the monitoring of raw water should be taken into account when developing a holistic monitoring concept. This is an important component of risk management for the Landeswasserversorgung (LW) impending impacts to the resources used should be recognized at a very early stage to be able to take anticipatory and appropriate measures. Intensive critical discussion of organic trace elements was an important step toward risk assessment. This is why the Landeswasserversorgung (LW) joint the research projects ASKURIS, RISK-IDENT and TransRisk. These include, amongst others, pesticides and biocides, pharmaceuticals and x-ray contrast agent, household and industrial chemicals as well as substances with hormonal effects and their related degradation products. Many new environmentally relevant organic trace elements have been detected in sewage effluent and water bodies that, so far, have not been in the focus of analysis. On the basis of these findings, a selection of some few indicators was made to evaluate the anthropogenic influence on the water with regard to organic trace elements rapidly.

The inclusion of raw water analysis into the concept of drinking water controls is an important first step. The increasing number of detected organic trace elements in raw- and drinking water, however, represents a major challenge for the monitoring and the evaluation of drinking water quality. There is a time “gap” in the evidence chain between the detection of the substance and its evaluation. Including a measurement of effects into the process of monitoring of raw- and drinking water could possibly bridge this gap. In this process, substance-specific chemical analysis plays an important role. To implement such monitoring as a routine application calls for further development efforts.

1 Einleitung

Die Errungenschaften unserer modernen Gesellschaft haben auch Auswirkungen auf die Wasserqualität, die Risiken sind nur schwer abzuschätzen. Deshalb sehen sich Wasserversorgungsunternehmen mit vielerlei Fragestellungen und Problemen konfrontiert, die gelöst werden müssen, um eine dauerhaft hohe Trinkwasserqualität sicherzustellen. Für Letzteres stellt die Trinkwasserverordnung eine Basis dar, indem sie Vorgaben für die analytische Untersuchung des abgegebenen Trinkwassers mit Angaben zu den mikrobiologischen und chemischen Parametern macht. Ergänzend ist aber auch eine ausreichende Kenntnis über die Risiken im Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnungsanlagen und die Rohwasserbeschaffenheit erforderlich, wobei es grundsätzlich in der Verantwortung eines jeden Wasserversorgungsunternehmens liegt, ein Untersuchungskonzept zur frühzeitigen Erkennung von Veränderungen der Rohwasserqualität aufzubauen.

2 Gesetzliche Vorgaben

Untersuchungshäufigkeit und -umfang sind in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) [1] geregelt, bisher allerdings explizit nur für das abgegebene Trinkwasser. Die Untersuchung des Rohwassers ist dagegen Ermessenssache des Wasserversorgers. Lediglich in einigen Bundesländern gibt es dazu Regelungen in Form von Eigenüberwachungsverordnungen¹.

In § 16 (1) der Trinkwasserverordnung heißt es zur Rohwasserqualität nur, der Wasserversorger hat „dem Gesundheitsamt unverzüglich anzuzeigen, wenn ihm Belastungen bekannt werden, die zu einer Überschreitung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung führen können“. Grundlage für jede Rohwasseruntersuchung sind somit die Parameter der Trinkwasserverordnung, von denen einige aufgrund ihrer nachgewiesenen (toxischen) Wirkung auf die menschliche Gesundheit mit strengen Grenzwerten versehen wurden (z. B. Schwermetalle, PAK). Für die chemische Untersuchung eines Wassers haben diese Parameter die größte Bedeutung.

Eine regelmäßige Untersuchung des Rohwassers ist also ein wichtiger Teil der Risikobewertung, die über die aktuelle Änderung der technischen Anhänge II und III der EG-Trinkwasserrichtlinie² nun in die 4. Änderung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) konkreter aufgenommen werden wird (Umsetzung bis 27.10.2017).

Der Grund für die Überarbeitung der Anhänge II (Mindestanforderungen an die Überwachungsprogramme) und III (Spezifikationen für Analyseverfahren) war u.a. die schon länger geplante Aufnahme des „Water Safety Plan“-Konzeptes (WSP) der WHO, das auf den Grundsätzen von Risikobewertung und Risikomanagement beruht.

Die Überwachungsprogramme für Trinkwasser müssen sicherstellen, dass die Risikoüberwachung entlang der gesamten Versorgungskette (Einzugsgebiet bis Verteilung) funktioniert und das Trinkwasser „genusstauglich und rein“ ist. Dazu gehören Probenahmen und Analysen, ggfls. kontinuierliche Messungen und außerdem „Kontrollen des Einzugsgebiets, der Wassergewinnung, der Wasseraufbereitung, der Wasserspeicherung und der Infrastruktur der Wasserverteilung“.

¹ z. B. Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung – EÜV) vom 20. September 1995 (GVBl S. 769) BayRS 753-1-12-U

² Richtlinie (EU) 2015/1787 der Kommission zur Änderung der Anhänge II und III der Richtlinie 98/83/EG)

Seit Anfang 2015 wurde neben der o. g. „kleinen“ Anpassung eine größere Evaluierung der EG-Trinkwasserrichtlinie (98/83/EG) zu Wirksamkeit, Effizienz, Relevanz und Kohärenz (mit anderen Richtlinien) durch eine Expertengruppe der Generaldirektion Umwelt durchgeführt. Notwendige Verbesserungen der Richtlinie betreffen u. a. die Aktualisierung der Qualitätsstandards. Hierzu wurde an die WHO bereits ein Auftrag zur Überprüfung der Parameterlisten gegeben, um – unter Berücksichtigung des wissenschaftlichen Fortschritts – die besonderen Bedingungen für die Überwachung von Parametern und die Auswahl der Überwachungstechniken zu klären. Die bislang nur wenig berücksichtigte Verwendung des „Water Safety Plan“-Konzeptes der WHO mit dem risikobasierten Ansatz wurde ebenfalls als Schwachstelle benannt. Es wurde beschlossen, die Revision der Richtlinie in das Arbeitsprogramm der EU-Kommission für das Jahr 2017 aufzunehmen. [2]

Für die Landeswasserversorgung (LW) ist es von großer Bedeutung, vorausschauend drohende neue Belastungen für ihre Ressourcen möglichst frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen. Die Ergebnisse der Rohwasseruntersuchungen liefern Hinweise für möglicherweise erforderliche Maßnahmen zur Risikobeherrschung, deren Wirksamkeit wiederum durch einwandfreie Rein- und Trinkwasserproben nachgewiesen werden kann. Die LW wird damit einer der grundlegenden Erkenntnisse im Gewässerschutz, dass man davon wegkommen muss, immer hinter den Problemen herzulaufen, gerecht.

3 Erkenntnisse aus Forschungsvorhaben

In der Wasserforschung hat sich in den letzten Jahren einiges getan. Eine wichtige Rolle spielte hierbei sicherlich die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierte Fördermaßnahme RiSKWa [3]. Die mit über 30 Mio. € ausgestattete Fördermaßnahme unterstützte Forschungsvorhaben zu anthropogenen Stoffen im Wasserkreislauf und mikrobiellen Fragestellungen. RiSKWa umfasste zwölf Verbundforschungsvorhaben, die im Zeitraum 2011 bis 2015 über jeweils gut drei Jahre unter Beteiligung von über 90 Institutionen durchgeführt wurden. Die LW hatte sich an den Vorhaben ASKURIS, RiSK-IDENT und TransRisk beteiligt, um das Thema organische Spurenstoffe intensiv zu untersuchen.

3.1 Indikatoren zur Erfassung von anthropogenen Einflüssen

In den letzten Jahren konnten in Kläranlagenabläufen und Gewässern viele neue umweltrelevante Spurenstoffe nachgewiesen werden, welche bisher noch nicht im Fokus der Forschung standen. Hierzu zählen u. a. Pflanzenschutzmittel und Biozide, Arznei- und Röntgenkontrastmittel, Haushalts- und Industriechemikalien sowie hormonell wirksame Substanzen und deren Abbauprodukte.

Vor diesem Hintergrund steht die Mitwirkung der LW am Forschungsvorhaben TransRisk [4, 5]. Ein Teil des Vorhabens hatte die systematische Erfassung des Vorkommens von bekannten und bisher nicht berücksichtigten organischen Spurenstoffen in der TransRisk-Modellregion „Donauried-Hürbe“ zum Ziel. Von besonderem Interesse waren Punktquellen wie kommunale Kläranlagen, Straßenablaufwasser und Deponien.

Es wurde ein umfangreiches Monitoring-Programm hinsichtlich organischer Spurenstoffe durchgeführt. Dabei standen 84 Spurenstoffe (sowie Nitrat) aus verschiedenen Stoffgruppen im Blickpunkt. Im Zeitraum zwischen April 2012 und Februar 2014 erfolgten sieben Beprobungskampagnen, die jeweils 20 Messstellen bspw. vier Kläranlagenabläufe, vier Straßenabläufe und drei Flüsse umfassten (Bild 1)

Bei der orientierenden Auswertung der ungefähr 10.000 Einzelmesswerte des Untersuchungsprogramms war es notwendig, für jede Stoffgruppe bspw. Arzneimittel oder Süßstoffe eine Parametersumme zu bilden. D. h. es wurden die Konzentrationen der Einzelstoffe einer Gruppe aufsummiert. Für jede Messstelle und jede Parametersumme wurde

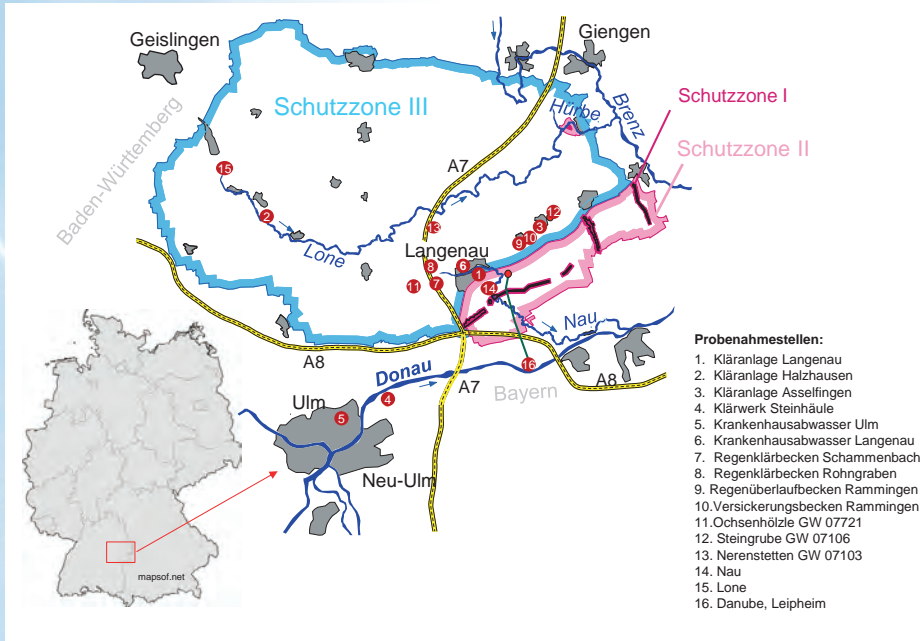


Bild 1: Probenahmestellen in der Modellregion des Forschungsvorhabens TransRisk

der Medianwert ermittelt und in drei Kategorien mit geringen, mittleren und hohen Konzentrationen eingeteilt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Stoffgruppen lassen sich dabei als Indikatoren für die Beeinflussung durch folgende Bereiche nutzen:

- Kommunale Kläranlagen (inkl. Abwasserversickerung im Kanalsystem)
- Straßenverkehr
- Landwirtschaft

Messstellen-Gruppe	Messstelle	Indikatorgruppe						
		Kläranlagen (KA)				Straßenverkehr	Landwirtschaft	
		Süßstoffe	Arzneimittel/RKM	Melamin	Benzotriazole	Benzothiazole	PSM-Metaboliten	Nitrat
Rohabwasser	Zulauf KA Langenau	+	+	+	+	o	o	-
	Zulauf KA Halzhausen	+	+	+	+	o	-	-
	Zulauf KA Asselfingen	+	+	o	+	o	o	-
	Zulauf KA Steinhäule	+	+	+	+	+	o	-
	Abwasser Klinikum Ulm	+	+	o	+	-	o	-
Abwasser Klinikum Langenau	+	+	o	+	o	-	-	
Gereinigtes Abwasser	Ablauf KA Langenau	+	+	o	+	o	o	o
	Ablauf KA Halzhausen	+	+	+	+	o	-	-
	Ablauf KA Asselfingen	+	+	o	+	o	o	o
	Ablauf KA Steinhäule	+	+	+	+	o	o	o
Straßenablaufwasser	Regenklärbecken Schammenbach	-	-	o	-	o	o	o
	Regenüberlaufbecken Rammingen	-	-	-	-	-	o	o
	Vers. Rammingen	-	-	o	-	-	-	-
Hotspots Grundwasser	Ochsenhölzle	o	-	o	-	-	o	+
	Steingrube	-	-	-	-	-	-	+
	Nerenstetten	o	-	-	-	-	o	o
Oberflächenwasser	Nau, Abstrom KA Langenau	o	o	o	o	-	o	o
	Lone, Quelltopf	-	-	-	-	-	o	o
	Donau, Leipheim	o	o	o	o	-	-	o

Tabelle 1: Erfassung von anthropogenen Spurenstoffeinträgen in der Modellregion

Kriterien für die Kategorisierung (Median-Konzentration):

- (-) : < 0,1 µg/L Für Nitrat: (-) : < 10 mg/L
 (o) : 0,1 - 1 µg/L (o) : 10 - 50 mg/L
 (+) : > 1 µg/L (+) : > 50 mg/L

Für die Zu- und Ablaufproben der kommunalen Kläranlagen waren die entsprechenden Abwasserindikatoren nahezu alle in höchster Kategorie positiv. Einzelne Substanzen wie bspw. Ibuprofen oder Cyclamat werden bei der Abwasserreinigung entfernt. Jedoch wirkte sich dies in den Parametersummen nicht wesentlich aus. Ebenfalls sprachen die Indikatoren für den Straßenverkehr bei den Kläranlagen auf mittlerem Niveau an. Der Nachweis der Pflanzenschutzmittel-Metaboliten zeigte bei allen Messstellengruppen den Einfluss der Landwirtschaft an. Dies ist wohl auf die großflächige landwirtschaftliche Prägung des Wasserschutzgebiets „Donauried-Hürbe“ zurückzuführen.

In der Messstellengruppe „Straßenablaufwasser“ waren die Parametersummen lediglich bei den Stoffgruppen „Melamin“ und „Benzothiazole“ etwas erhöht. Für die Gruppe „Hotspots Grundwasser“ ergab sich ein heterogenes Bild. Sowohl Kläranlagen-Indikatoren wie bspw. Melamin, die im Fall der Deponie-Messstellen vermutlich auf abgelagerte Substanzen zurückgeführt werden können, als auch die Indikatoren für die Landwirtschaft waren positiv.

Der Einfluss von Kläranlagen war bei den als Vorfluter genutzten Fließgewässern Nau und Donau eindeutig anhand aller genutzten Indikatoren feststellbar. Eine landwirtschaftliche Beeinflussung konnte ebenfalls erfasst werden. Lediglich das Quellwasser der Lone hatte keinen signifikanten Abwassereinfluss.

Für routinemäßig durchzuführende Kontrollen bzw. eine erste Einschätzung der Beeinflussung einer Gewässerprobe ist eine Auswahl nur weniger Spurenstoffe günstiger in der Umsetzung. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse ließ sich eine solche Auswahl nur weniger Indikatorstoffe treffen (Tabelle 2).

Indikatorbereich	Spurenstoff	Auswahlkriterien
Rohabwasser	Cyclamat Ibuprofen	Elimination praktisch vollständig und hohe Median-Konzentrationen im Abwasser
Gereinigtes Abwasser	Acesulfam lomeprol Benzotriazol	Elimination < 40 % und hohe Median-Konzentrationen im Abwasser
Straßenablaufwasser	Tolyltriazole Hexamethoxymethylmelamin	Elimination < 40 % und hohe Median-Konzentrationen im Straßenablaufwasser
	2-Hydroxybenzothiazol 2-Mercaptobenzothiazol	Spezifisches Abwendungsgebiet (Vulkanisationsbeschleuniger) und Elimination < 40 %

Tabelle 2:
Auswahl wichtiger Indikatoren
zur Charakterisierung von Gewässern

Cyclamat und Ibuprofen werden bei der biologischen Abwasserreinigung praktisch vollständig entfernt. Das Auftreten von Cyclamat und Ibuprofen in wässrigen Umweltproben deutet somit auf eine Beeinflussung durch Rohabwasser hin. Fehlen diese Indikatoren und treten stattdessen lediglich Acesulfam, lomeprol und/oder Benzotriazol auf, so lässt dies auf eine Beeinflussung durch gereinigtes Abwasser schließen.

Treten die Substanzen Tolyltriazole und Hexamethoxymethylmelamin (HMMM) auf, so ist der Einfluss von Straßenablaufwasser anzunehmen. Tolyltriazole können in Scheibenfrostschutzmitteln, Kühlmitteln und Schmierstoffen enthalten sein. HMMM kann Bestandteil von Farben, Lacken und Leimen sein. Diese Substanzen können somit in Fahrzeugbauteilen, Zäunen, Fassaden und weiteren Objekten in Wohn-, Misch- oder Gewerbegebieten zu finden sein und bei einer Freisetzung somit ins Straßenablaufwasser gelangen.

Weiterführende Empfehlungen zur Überwachung und Steuerung natürlicher Prozesse und technischer Aufbereitungsverfahren gibt der Leitfaden „Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf“, der im Rahmen der Fördermaßnahme RiSKWa [3] als Querschnittsthema „Indikatorsubstanzen“ erarbeitet wurde [6, 7].

3.2 Neue Spurenstoffe im Wasserkreislauf

Im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens ASKURIS [8, 9] wurden u. a. die Fragestellungen zur Bewertung anthropogener Spurenstoffe und der Etablierung geeigneter Aufbereitungsverfahren am Beispiel des urbanen Wasserkreislaufs von Berlin bearbeitet. Die LW konnte hierbei mithilfe der Non-Target-Analytik (Bild 2) neue relevante Spurenstoffe nachweisen. Dazu gehören das Antiepileptikum Gabapentin, einige blutdrucksenkende Arzneimittel aus der Gruppe der Sartane und verschiedene Transformationsprodukte.

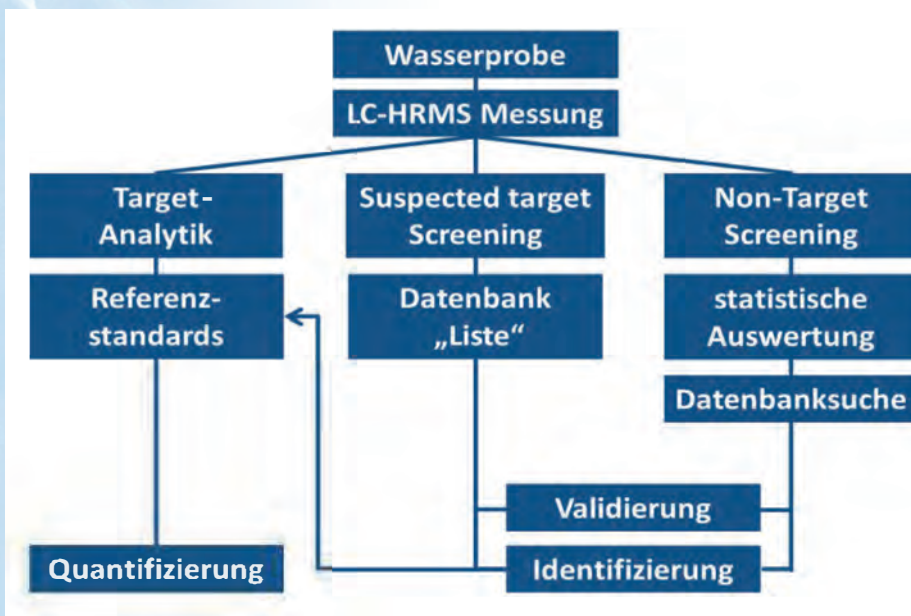


Bild 2:
Schematische Darstellung
des Non-Target-Workflows

Im Verlauf von ASKURIS konnten Fortschritte bei der Suspect- und Non-Target-Analytik gemacht werden. Die Massengenauigkeit der hochauflösenden Massenspektrometer (HRMS) und auch deren analytische Empfindlichkeit sind inzwischen so gut, dass die Anforderungen wie sie sich beispielsweise aus der Trinkwasseranalytik ergeben, gut abgedeckt werden können. So ist die Messung von Konzentrationen anthropogener Spurenstoffe und deren Transformationsprodukten in der Größenordnung der Grenz- und Orientierungswerte von 0,1 µg/L meist ohne Probenanreicherung möglich. Die hohe Massengenauigkeit der aufgenommenen Massenspektren trägt wesentlich zur sicheren Identifikation der Spurenstoffe bei.

Eine routinemäßige Anwendung der Methodik im analytischen Forschungsumfeld spezialisierter Wasserlaboratorien von Umweltbehörden, Wasserversorgungsunternehmen, Universitäten und anderen Forschungsinstituten ist somit möglich. Um die Arbeitsabläufe des Screenings weiter zu verknüpfen, wurde jedoch im Anschlussvorhaben FOR-IDENT eine gemeinsame Arbeitsplattform aufgebaut [10]. Das Vorhaben endete im August 2017. Darüber hinaus wird im Fachausschuss „Non-Target-Screening“ der Wasserchemischen Gesellschaft (Fachgruppe in der GDCh) ein Leitfadens erarbeitet.

Die Identifizierung von neuen Spurenstoffen war auch ein wesentlicher Bestandteil des parallel durchgeführten Forschungsvorhabens RISK-IDENT [11]. Im Hinblick auf die Identifikation neuer Spurenstoffe bzw. deren Transformationsprodukten wurde eine generelle Vorgehensweise erarbeitet. Mithilfe dieses neuen Screening-Ansatzes konnte bspw. in Proben aus Laborkläranlagen ein Transformationsprodukt des blutdrucksenkenden Arzneimittelwirkstoffs lrsesartan identifiziert und in realen Kläranlagenabläufen nachgewiesen werden [12].

Eine wichtige Rolle bei RISK-IDENT spielte insbesondere der Aufbau der Datenbank STOFF-IDENT, die nach Projektende frei nutzbar blieb. Dabei ist STOFF-IDENT durch die Aufnahme von hauptsächlich gewässerrelevanten Spurenstoffen besonders effektiv in der Wasseranalytik einsetzbar. So gelang die Zuordnung einiger Spurenstoffe zu bislang unbekanntem Signalen aus der Suspect- bzw. Non-Target-Analytik. Die Kenntnisse über das Vorhanden-

sein neuer Spurenstoffe sind dabei für die Ausrichtung künftiger Überwachungsprogramme wichtig. Das Bundesland Bayern hat sein behördliches Überwachungsprogramm bereits angepasst und u. a. das neu detektierte Transformationsprodukt des Arzneimittelwirkstoffs Bisoprolol oder den Wirkstoff Lamotrigin aufgenommen.

4 Analytische Überwachungskonzepte

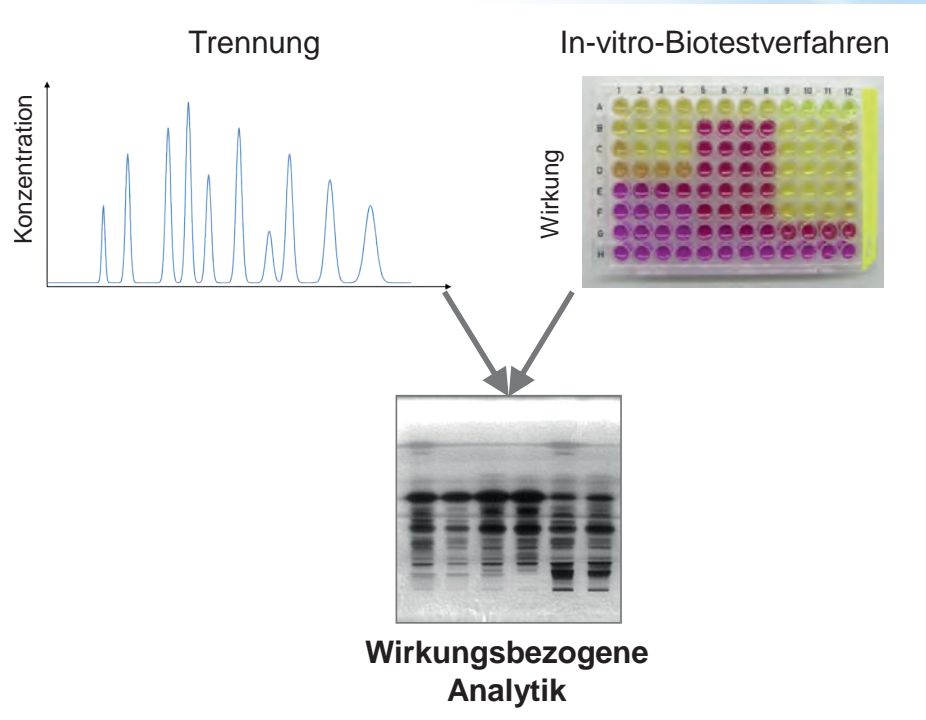


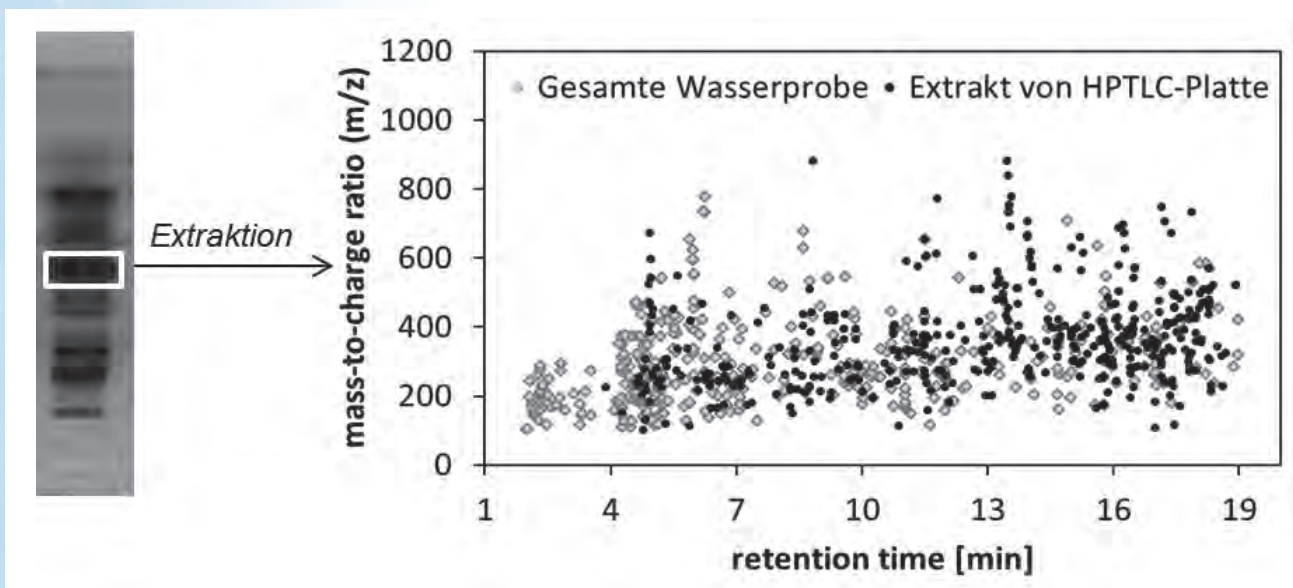
Bild 3:
Schematische Darstellung der Wirkungsbezogenen Analytik als Schnittmenge der Kombination von Instrumenteller Analytik und In-vitro-Biotestverfahren

Mit dem Einbezug der Rohwasseruntersuchung in das Konzept der Trinkwasserkontrolle ist ein wichtiger Schritt getan. Dennoch stellt die zunehmende Anzahl von in Roh- und Trinkwasser nachgewiesenen organischen Spurenstoffen eine Herausforderung für die Überwachung und Bewertung der Trinkwasserqualität dar. So ist für neu identifizierte Substanzen im Trinkwasser zwingend eine möglichst rasche Bewertung zur Sicherstellung der toxikologischen Unbedenklichkeit des Trinkwassers erforderlich. Da die zur Bewertung durch das Umweltbundesamt notwendigen toxikologischen Daten für neu identifizierte Stoffe meist nicht vorliegen, kann eine zeitnahe Einschätzung des Sachverhalts nicht erfolgen. Ergänzend zu den Anstrengungen, die von behördlicher Seite zur schnelleren Bewertung der Stoffe unternommen werden sollten, kann die Wirkungsbezogene Analytik hier im Vorfeld eine wichtige Rolle spielen.

Mit den heute zur Verfügung stehenden instrumentellen Analysemethoden, wie beispielsweise der Flüssigkeitschromatografie mit hochauflösender Massenspektrometrie (LC-HRMS), kann zwar die Anwesenheit von Substanzen im Spurenbereich relativ einfach gezeigt werden, die Identifizierung und somit die Möglichkeit zur Bewertung kann aber sehr zeitaufwendig sein.

Die existierende zeitliche „Lücke“ in der Kette zwischen Substanznachweis (Erkennung der Exposition) und Bewertung (Wirkung) könnte durch eine in das Monitoring von Roh- und Trinkwasser eingebundene Messung von Wirkungen überbrückt werden. Dadurch wäre es möglich, die aus einem Non-Target-Screening [13] resultierenden Signale noch unbekannter Substanzen über die Wirkung zu priorisieren. Signale, die im Bioassay keine Wirkung zeigen, können gegenüber solchen mit einer Wirkung im Bioassay zumindest vorerst außer Acht gelassen werden.

Ein mögliches Bindeglied zwischen instrumenteller organischer Spurenstoffanalytik und biologischen Testverfahren stellt die Wirkungsbezogene Analytik (WBA) dar (Bild 3). Unter WBA wird die Kopplung eines chromatografischen Trennverfahrens mit einem In-vitro-Biotest verstanden. Der Vorteil bei dieser Herangehensweise ist, dass die zuvor getrennten Probeninhaltsstoffe anhand ihrer Aktivität mit einem In-vitro-Testsystem detektiert werden. Es hat sich gezeigt, dass die Hochleistungsdünnschichtchromatografie (HPTLC) für die WBA besonders geeignet ist [14]. Mithilfe von Biotests, z.B. *Bacillus subtilis* auf antibiotische Wirkungen, Acetylcholinesterase-Hemmtest auf potenziell neurotoxische Verbindungen, YES-Test auf hormonelle Wirkungen oder umuC-Test auf genotoxische Verbindungen lässt sich das Gefährdungspotenzial der Kontaminanten noch umfassender beurteilen. Kombiniert mit der Non-Target-Analytik ermöglicht die WBA die oben genannte Fokussierung bei der Identifizierung auf wirkende Verbindungen (Bild 4).



Die Anwendung der beiden komplementären Analysenmethoden in der Überwachung der Trinkwasserqualität hinsichtlich organischer Spurenstoffe stellt eine effektive risikobasierte Monitoring-Strategie dar. Bis zu einer routinemäßigen Anwendung eines solchen Monitorings sind jedoch weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich. Diese liegen etwa in der chromatografischen Trennung besonders polarer Verbindungen. Genauso ist die Entwicklung und Auswahl geeigneter Bioassays eine Herausforderung, wie auch die gemeinsame Bewertung der Ergebnisse unterschiedlicher Biotests.

Bild 4:
Transfer einer aktiven Substanz im
Wirktest zur weiteren Untersuchung
mittels Massenspektrometrie

5 Ausblick und Fazit

Der Einbezug der Untersuchung des Rohwassers durch die Umsetzung der EG-Richtlinie ist ein richtiger und wichtiger Schritt bei der Gestaltung eines ganzheitlichen Überwachungskonzeptes. Dadurch sollen drohende neue Belastungen für die genutzten Rohwässer möglichst frühzeitig erkannt werden.

Die Ergebnisse der Forschungsvorhaben der letzten Jahre haben gezeigt, dass wir künftig mit weiteren neu identifizierten Spurenstoffen im Rohwasser und in manchen Fällen auch im Trinkwasser zu rechnen haben. Dies stellt die Wasserversorgungsunternehmen und in gleichem Maße die zuständigen Überwachungsbehörden vor die Herausforderung, die neuen Befunde einzuordnen.

Für eine im Vorfeld gelagerte erste Einschätzung kann die Wirkungsbezogene Analytik künftig eine wichtige Rolle spielen. Neue Spurenstoffe könnten damit bereits während der Identifizierung oder zeitnah im Anschluss auf ihre Wirkung überprüft werden. Bis zu einer routinemäßigen Anwendung eines solchen Monitorings sind jedoch weitere Entwicklungsarbeiten erforderlich.

Literatur

- [1] Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001: Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die durch Artikel 4 Absatz 21 des Gesetzes vom 18. Juli 2016 (BGBl. I S. 1666) geändert worden ist (3. Änderungsverordnung)
- [2] Castell-Exner, C. (2017): Kommission bewertet Evaluierungsbericht zur EG-Trinkwasserrichtlinie, *Energie-Wasser-Praxis*, 04, 10–11
- [3] RiSKWa: Risikomanagement von neuen Schadstoffen und Krankheitserregern im Wasserkreislauf, <http://www.bmbf.riskwa.de>
- [4] TransRisk: Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf, <http://www.transriskprojekt.de>
- [5] Seitz, W. (2015): Verbundforschungsvorhaben TransRisk „Charakterisierung, Kommunikation und Minimierung von Risiken durch neue Schadstoffe und Krankheitserreger im Wasserkreislauf“ – Teilprojekt der Landeswasserversorgung, Abschlussbericht, Förderkennzeichen 02WRS1275E, Laufzeit 01.11.2011–30.04.2015, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung
- [6] Jekel, M., Dott, W. (2013): Leitfaden: Polare organische Spurenstoffe als Indikatoren im anthropogen beeinflussten Wasserkreislauf – Ergebnisse des Querschnittsthemas „Indikatorsubstanzen“, DEHEMA, Frankfurt am Main
- [7] Jekel, M., Dott, W., Bergmann, A., Dünnbier, U., Gnirss, R., Haist-Gulde, B., et al. (2015): Selection of organic process and source indicator substances for the anthropogenically influenced water cycle. *Chemosphere*, 125, 155–167
- [8] ASKURIS: Anthropogene Spurenstoffe und Krankheitserreger im urbanen Wasserkreislauf, <http://www.askuris.tu-berlin.de>
- [9] Jekel, M., Ruhl, A. S., Meinel, F., Zietzschmann, F., Lima, S., Baur, N., Wenzel, M., Gnirß, R., Sperlich, A., Dünnbier, U., Bockelmann, U., Hummelt, D., van Baar, P., Wode, F., Petersohn, D., Grummt, T., Eckhardt, A., Schulz, W., Heermann, A., Reemtsma, T., Seiwert, B., Schlittenbauer, L., Lesjean, B., Miehe, U., Remy, C., Stapf, M., Mutz, D. (2013): Anthropogenic organic micro-pollutants and pathogens in the urban water cycle: assessment, barriers and risk communication (ASKURIS), *Environmental Sciences Europe*, 25, 20
- [10] FOR-IDENT: Fortschritte in der Identifizierung organischer Spurenstoffe: Zusammenführen der Hilfsmittel und Standardisierung der Suspected- und Non-Target-Analytik, <http://for-ident.hswt.de>
- [11] RISK-IDENT: Bewertung bislang nicht identifizierter anthropogener Spurenstoffe sowie Handlungsstrategien zum Risikomanagement im aquatischen System, <http://risk-ident.hswt.de>
- [12] Letzel, T., Bayer, A., Schulz, W., Heermann, A., Lucke, T., Greco, G., Grosse, S., Schüssler, W., Sengl, M., Letzel, M. (2015): LC-MS screening techniques for waste water analysis and analytical data handling strategies: Sartans and transformation products as an example, *Chemosphere* 137, 198–206
- [13] Müller, A., Schulz, W., Ruck, W.K.L., Weber, W.H. (2011): A new approach to data evaluation in the non-target screening of organic trace substances in water analysis, *Chemosphere*, 85, 1211–1219
- [14] Weiss, S.C., Egetenmeyer, N. Schulz, W. (2016): Coupling of in vitro bioassays with planar chromatography in effect-directed analysis, in: *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, Springer Berlin Heidelberg, 1–33