

T. Balsiger

Trinkwasser

Studie: «Target- & Suspected-Screening» von organischen Mikroverunreinigungen

Anzahl untersuchte Proben: 15 (aus 15 Wasserversorgungen)



Quelle: www.pixabay.com

Ausgangslage

Organische Mikroverunreinigungen werden als Stoffe bezeichnet, welche in geringen Konzentrationen von $\mu\text{g/L}$ bis ng/L in Gewässern vorkommen können. Zu den organischen Mikroverunreinigungen zählen zum Beispiel Spurenstoffe von Kosmetika, Reinigungsmittel, Arzneimittel, Pestizide, verschiedene Abbauprodukte (Metaboliten) und weitere Chemikalien. Bereits in geringen Konzentrationen können diese Stoffe einen negativen Effekt auf die Umwelt und schliesslich auf die Gewinnung von Trinkwasser haben. Mögliche Stoffeinträge in die Gewässer sind das Abwasser von Kläranlagen, die Auswaschung von landwirtschaftlichen Flächen, der Einfluss von Deponiesickerwasser und der Eintrag aus Mischwasserentlastungen bei starkem Niederschlag ins Ökosystem.¹⁻³

Im Rahmen des nationalen Grundwasserbeobachtungsprogramms NAQUA wurden im schweizerischen Grundwasser bereits Pestizide, Pestizidabbauprodukte, Arzneimittel und PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) in geringen Konzentrationen nachgewiesen.^{4,5} Da das schweizerische Trinkwasser zu 80 % aus Grundwasser stammt, ist die kontinuierliche Überwachung von Mikroverunreinigungen im Trinkwasser von grossem Interesse.⁴

Untersuchungsziel

Das Amt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (ALV BL) führt eine Trinkwasseruntersuchung im Kanton Basel-Landschaft im Rahmen einer Studie durch. Dabei werden erste Messdaten mit der neu implementierten LC-HRMS (Flüssigchromatographie gekoppelt mit hochauflösender Massenspektrometrie) Screening Methode generiert. Es werden 34 spezifische, organische Mikroverunreinigungen aus der Kategorie Arzneimittel, Pestizide, Süssungsmittel und Metaboliten in Form eines «Target-Screening» quantitativ in den Proben analysiert. Aufgrund der angepassten Relevanzbeurteilung der Pestizid-Metaboliten für Metolachlor durch das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV)⁶ umfasst das Target-Screening auch die Pestizidmetaboliten Metolachlor CGA 368208 und Metolachlor SYN547977. Die im Target-Screening untersuchten Substanzen sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

In einem weiteren Schritt werden die Proben mittels einem sogenannten «Suspected-Screening» Verfahren auf weitere vorhandene Mikroschadstoffe untersucht. Dabei werden sämtliche Messsignale mit Datenbanken (Spurenstofflisten^{7,8}), welche ca. 11'000 wasserrelevante Substanzen umfassen, abgeglichen. Dies ermöglicht weitere allfällige Substanzen in den Proben zu ermitteln. Im Unterschied zum Target-Screening ist es mit dem Suspected-Screening möglich die Probe auf eine wesentlich grössere Anzahl Substanzen zu untersuchen. Es werden grundsätzlich qualitative Informationen erhalten, welche anschliessend weitere Abklärungen benötigen. Der Umfang der Probennahme für diese Studie wurde anhand von Erfahrungswerten aus bereits vergangenen Kampagnen & Studien⁹⁻¹³ risikobasiert eruiert.

¹ Umweltbundesamt, Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern, Hintergrund April 2018, 2017

² VSA; <https://vsa.ch/glossar/organische-spurenstoffe/>, besucht 04.12.2025

³ Ökotoxozentrum; <https://www.oekotoxzentrum.ch/themen/aquatische-oekotoxikologie/mikroverunreinigungen>, besucht 04.12.2025

⁴ BAFU (Hrsg.) 2022: Gewässer in der Schweiz. Zustand und Massnahmen. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 2207: 90 S.

⁵ BAFU; <https://www.bafu.admin.ch/de/naqua-pfas>, besucht 17.12.2025

⁶ BLV; Relevanz von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten im Grund- und Trinkwasser, September 2024

⁷ Norman Network; <https://www.norman-network.com/nds/SLE/>, S2; STOFFIDENT; HSWT/LIU STOFF-IDENT Database of Water-Relvant Substances

⁸ ALV BL interne Stoffliste 2024

⁹ ALV BL Kampagnenbericht: Trinkwasser Pestizide und deren Abbauprodukte 2021

¹⁰ ALV BL Kampagnenbericht: Trinkwasser Benzidin 2022

¹¹ ALV BL Kampagnenbericht: Trinkwasser Persistente, mobile und toxische Stoffe 2023

¹² ALV BL Kampagnenbericht: Trinkwasser Saure Pestizide, Pestizidmetabolite & ultra-kurzkettige PFAS 2024

¹³ ALV BL Studienbericht: Trinkwasser Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) 2022

Tab. 1: Im Target-Screening analysierte Mikroverunreinigungen mit BLV Relevanzbeurteilung für die Pestizid-Metabolite.

Substanz	Kategorie	BLV Relevanzbeurteilung der PSM-Metaboliten⁶
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D)	Pestizid (Herbizid)	
2,6-Dichlorobenzamid	Metabolit von Dichlobenil, Fluopicolid	Nicht relevant
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)	Pestizid (Herbizid)	
Atenolol	Arzneimittel	
Atenololsäure	Metabolite von Atenolol	
Atrazin	Pestizid (Herbizid)	
Atrazin-Desethyl	Metabolite von Atrazin	Relevant
Atrazin-Desisopropyl	Metabolite von Atrazin	Relevant
Bentazon	Pestizid (Herbizid)	
Candesartan	Arzneimittel	
Carbamazepin	Arzneimittel	
Chloridazon	Pestizid (Herbizid)	
Diazinon	Pestizid (Insektizid)	
Diclofenac	Arzneimittel	
Dimethachlor ESA	Metabolit von Dimethachlor	Nicht relevant
Dimethenamid ESA	Metabolit von Dimethenamid	Nicht relevant
Diuron	Pestizid (Herbizid)	
Lamotrigin	Arzneimittel	
Mecoprop	Pestizid (Herbizid)	
Metazachlor	Pestizid (Herbizid)	
Metolachlor	Pestizid (Herbizid)	
Metolachlor CGA 368208	Metabolit von Metolachlor	Relevant
Metolachlor ESA	Metabolit von Metolachlor	Relevant
Metolachlor NOA 413173	Metabolit von Metolachlor	Relevant
Metolachlor OA	Metabolit von Metolachlor	Relevant
Metolachlor SYN547977	Metabolit von Metolachlor	Relevant
O-Desmethylvenlafaxin	Metabolite von Venlafaxin	
Simazin	Pestizid (Herbizid)	
Sucralose	Süßungsmittel	
Sulfamethoxazol	Arzneimittel	
Terbuthylazin	Pestizid (Herbizid)	
Terbuthylazin-desethyl	Metabolit von Terbuthylazin	Relevant
Terbuthylazin SYN 545666	Metabolit von Terbuthylazin	Nicht relevant
Venlafaxin	Arzneimittel	

Gesetzliche Grundlagen

Basierend auf der Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) existieren für Pestizide und deren relevanten Abbauprodukte gesetzliche Höchstwerte im Trinkwasser.¹⁴

Die Höchstwerte liegen für die einzeln betrachteten Pestizide bei 0.1 µg/L und für die Summe aller untersuchten Pestizide bei 0.5 µg/L.¹⁴ Diese Höchstwerte sind auch für die 8 als relevant eingestuften Pestizid-Metabolite in dieser Studie gültig.⁶

Probenbeschreibung

Im Juni 2025 wurden 15 Trinkwasserproben risikobasiert von verschiedenen Wasserversorgungen im Kanton Basel-Landschaft geholt.

Prüfverfahren

Das entwickelte LC-HRMS Verfahren dient zur Quantifizierung «Target-Screening» von ausgewählten organischen Mikroschadstoffen in Trinkwasser. Zusätzlich ermöglicht die Methode eine «Suspected-Screening» Analyse für organische Spurenstoffe in Trinkwasser.

Für die Target Analyse werden die Proben mittels LC-HRMS Direktinjektion quantitativ bestimmt.

Beim Suspected-Screening Verfahren werden die Proben via LC-HRMS Direktinjektion und separat mit einer N₂ Aufkonzentrierung (Faktor 10) qualitativ bestimmt. Für die Trennung der Analyten wird eine C18 basierte LC-Säule verwendet. Der HRMS Scanbereich von 100 – 1000 m/z (m/z; Masse pro Ladung) wird sowohl im positiven als auch im negativen Modus gemessen.

Ergebnisse

Target-Screening

In keiner der 15 Trinkwasserproben wurde der gesetzliche Höchstwert von 0.1 µg/L für Pestizide überschritten.¹⁴ Auch die untersuchten Pestizid-Metaboliten zeigten keine Überschreitung des Höchstwertes von 0.1 µg/L auf.¹⁴ In Tabelle 2 sind die Resultate der aktuellen Studie zusammengefasst. In einer Probe wurden die Pestizide und Pestizid-Metabolite wie Atrazin (0.023 µg/L), Atrazin-Desethyl (0.025 µg/L), Bentazon (0.036 µg/L), Dimethachlor ESA (0.013 µg/L) und Terbutylazin SYN 545666 (0.024 µg/L) detektiert.

Die untersuchten Metolachlor Metaboliten CGA 368208, NOA 413173, OA und SYN547977 zeigten keine Detektion über der Bestimmungsgrenze (LOQ) auf. In zwei Proben wurde Metolachlor ESA mit Konzentrationen von 0.012 µg/L und 0.028 µg/L quantifiziert.

Der Süsstoff Sucralose wurde in vier Proben mit einem Mittelwert von 0.333 µg/L und einer maximalen Konzentration von 0.377 µg/L detektiert. Bei einer Hochrechnung mittels des ADI «accepted daily intake» Wertes für Sucralose von 15 mg/kg pro Körpergewicht/Tag^{15,16} müsste eine 60 kg schwere Person in diesem Fall ca. 2.4 Mio Liter pro Tag zu sich nehmen um die maximale erlaubte Sucralose Tagesdosis zu erreichen.

In drei Proben wurden die Arzneimittel Candesartan und Carbamazepin mit maximalen Konzentrationen von 0.021 µg/L und 0.016 µg/L quantifiziert. Die Mittelwerte für die beiden Arzneimittel lagen bei 0.017 µg/L und 0.014 µg/L. Zusätzlich wurde in zwei Proben das Antibiotikum Sulfamethoxazol mit einer maximalen Konzentration von 0.022 µg/L und einem Mittelwert von 0.021 µg/L ermittelt. Das Arzneimittel Lamotrigin wurde in sechs Proben mit einem Mittelwert von 0.083 µg/L und einer maximalen Konzentration von 0.116 µg/L detektiert. Diese vier detektierten Arzneimittel wurden bereits im Grundwasserprogramm NAQUA im Jahr 2022 beschrieben und zeigen geringe Konzentrationen in den untersuchten Trinkwasserproben auf.¹⁷

Die restlichen untersuchten organischen Mikroverunreinigungen im Target-Screening wurden in den 15 Trinkwasserproben nicht oberhalb der Bestimmungsgrenze (LOQ) detektiert.

¹⁴ Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV), 01.02.2024.

¹⁵ EFSA; <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/openfoodtox>, besucht 04.12.2025

¹⁶ EFSA; <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2017.4784>, besucht 04.12.2025

¹⁷ BAFU; <https://www.bafu.admin.ch/de/arzneimittel-im-grundwasser>, besucht 04.12.2025

Tab. 2; Ergebnisse der analysierten Mikroverunreinigungen mittels Target-Screening.

Substanz	Anzahl Proben über LOQ	LOQ [$\mu\text{g/L}$]	Max. [$\mu\text{g/L}$]	Mittelwert [$\mu\text{g/L}$]
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D)	0	0.02		
2,6-Dichlorobenzamid	0	0.02		
2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA)	0	0.02		
Atenolol	0	0.02		
Atenololsäure	0	0.01		
Atrazin	1	0.01	0.023	
Atrazin-Desethyl	1	0.01	0.025	
Atrazin-Desisopropyl	0	0.01		
Bentazon	1	0.01	0.036	
Candesartan	3	0.01	0.021	0.017
Carbamazepin	3	0.01	0.016	0.014
Chloridazon	0	0.01		
Diazinon	0	0.01		
Diclofenac	0	0.02		
Dimethachlor-ESA	1	0.01	0.013	
Dimethenamid-ESA	0	0.02		
Diuron	0	0.01		
Lamotrigin	6	0.01/0.02	0.116	0.083
Mecoprop	0	0.02		
Metazachlor	0	0.01		
Metolachlor	0	0.01		
Metolachlor CGA 368208	0	0.01		
Metolachlor ESA	2	0.01	0.028	0.020
Metolachlor NOA 413173	0	0.02		
Metolachlor OA	0	0.03		
Metolachlor SYN547977	0	0.02		
O-Desmethylvenlafaxin	0	0.01		
Simazin	0	0.01		
Sucralose	4	0.2	0.377	0.333
Sulfamethoxazol	2	0.01	0.022	0.021
Terbutylazin	0	0.01		
Terbutylazin-desethyl	0	0.01		
Terbutylazin SYN 545666	1	0.01	0.024	
Venlafaxin	0	0.01		

Suspected-Screening

Mittels dem angewendeten Suspected-Screening Verfahren wurden insgesamt 40 weitere Spurenstoffvorschläge in den Proben ermittelt, welche nicht mit der verwendeten Target-Screening Methode abdeckt werden. Diese weiteren Spurenstoffvorschläge beinhalten keine besorgniserregenden Substanzen in den Proben und zeigen mittels semi-quantitative Analyse eine Konzentrationsabschätzung im tiefen µg/L Bereich an.

Um die vorgeschlagenen Spurenstoffvorschläge in der Probe zu überprüfen, können Vergleichsmessungen mittels Referenzmaterial durchgeführt werden. Aufgrund von mangelnden Verfügbarkeiten, ungenügenden Reinheitsgraden von Referenzmaterialien oder nicht unterscheidbaren Isomeren in der MS2 Fragmentierung ist eine eindeutige Strukturbestätigung der Substanzvorschläge und so eine Steigerung des Identifikationslevels¹⁸ nicht immer möglich und benötigt meist weitere Analysemethoden für genauere Abklärungen. In dieser Studie wurden nachträglich Bestätigungsmessungen mittels LC-HRMS von möglichen Referenzsubstanzen durchgeführt. Es wurde die Substanz 2,4,6-Trimethylpyridin (organisches Reagenz) basierend auf der LC-HRMS Messung bestätigt¹⁸. In vier Proben wurde 2,4,6-Trimethylpyridin mit einer maximalen Konzentration von 1.56 µg/L und einem Mittelwert von 0.61 µg/L quantifiziert. Gemäss der EFSA wird ein NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) bei 37 mg/kg pro Körpergewicht/Tag¹⁹ beschrieben. Im Januar 2026 wurden die vier Trinkwasserproben aus dem jeweiligen Verteilernetz nochmals geholt und erneut auf 2,4,6-Trimethylpyridin untersucht.

In allen vier Proben lag der Wert unter dem LOQ von <0.02 µg/L. Anhand der Nachmessung zeigt die Substanz 2,4,6-Trimethylpyridin kein konstantes Vorhandensein in den Trinkwasserproben. Für zukünftige Analysen wird geprüft, ob die Substanz in eine Target-Screening Methode integriert werden kann.

Massnahmen

Da sämtliche Proben die aktuellen Höchstwerte gemäss TBDV¹⁴ einhalten, sind derzeit keine lebensmittelrechtlichen Massnahmen notwendig.

Schlussfolgerungen

Im Trinkwasser des Kantons Basel-Landschaft wurden die untersuchten organischen Mikroverunreinigungen nur vereinzelt im Spurenbereich nachgewiesen. Die meisten Detektionen aus dem Target-Screening entsprachen den vorhandenen Erfahrungsmesswerten vom ALV BL. Alle Proben erfüllten die gesetzlichen Anforderungen.

Die entwickelte Methodenkombination von Target- & Suspected-Screening mittels LC-HRMS bietet neben der quantitativen Analyse von spezifischen Spurenstoffen in einer Probe, zusätzlich die Möglichkeit weitere Substanzdetektionen qualitativ zu eruieren. Die resultierenden Substanzvorschläge aus einem Suspected-Screening Verfahren sind nicht abschliessend, bieten jedoch die Möglichkeit ohne Referenzsubstanzen weitere Informationen über vorhandene Stoffe in einer Probe zu erhalten.

Für 2026 ist geplant, Trinkwasserproben aller basellandschaftlichen Wasserversorgungen mittels der Target- & Suspected-Screening Methode zu untersuchen.

Liestal, 05.02.2026

Auskunft:

Dr. Peter Brodmann, Kantonschemiker, Telefon 061 552 20 00

¹⁸ Schymanski, E. et al. Identifying Small Molecules via High Resolution Mass Spectrometry: Communicating Confidence. Environ. Sci. Technol. 2014, 48, 2097–2098

¹⁹ EFSA; <https://www.efsa.europa.eu/en/microstrategy/openfoodtox>, besucht 17.12.2025