



## Vorkommen ausgewählter Psychopharmaka in rieselfeldbeeinflusstem Grundwasser in Berlin

Ulrike Hass<sup>a,b</sup> ([u.hass@gmx.net](mailto:u.hass@gmx.net)), Uwe Dünnbier<sup>b</sup> ([Uwe.Duennbier@bwb.de](mailto:Uwe.Duennbier@bwb.de)),  
Gudrun Massmann<sup>c</sup> ([gudrun.massmann@uni-oldenburg.de](mailto:gudrun.massmann@uni-oldenburg.de))

<sup>a</sup> Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin

<sup>b</sup> Berliner Wasserbetriebe, Labor, Motardstr. 35, 13629 Berlin

<sup>c</sup> Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg

### Zusammenfassung

Die mehrere Jahrzehnte andauernde Rieselfeldbewirtschaftung im Raum Berlin führte zu einer hohen Schadstoffbelastung der betroffenen Böden und des Grundwassers. Im Grundwasser abstromig eines ehemaligen Rieselfeldes, welches im Einzugsgebiet eines Wasserwerkes liegt, wurden erhöhte Konzentrationen einiger Psychopharmaka festgestellt. Ziel der Studie war es, das Vorkommen der Verbindungen in dem anoxischen Grundwasser zu untersuchen und das Risiko für die Trinkwasserproduktion abzuschätzen. Hierfür wurden zahlreiche Grundwassermessstellen und Förderbrunnen beprobt und mittels Flüssigchromatographie-Massenspektrometrie analysiert. Erhöhte Konzentrationen (bis 1,35 µg/L) der Substanzen wurden sowohl in der Schadstofffahne als auch im Rohwasser der Förderbrunnen gemessen. Im Trinkwasser liegen die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze und dem gesundheitlichen Orientierungswert.

### Einleitung

Die Rieselfeldbewirtschaftung war in der Vergangenheit, vor der Errichtung von Kläranlagen, eine gängige Form der Abwasserbeseitigung in Berlin und seiner Umgebung [1]. Durch die Jahrzehnte andauernde Abwasserbeaufschlagung der Rieselfeldflächen wurden eine Vielzahl abwasserbürtiger Stoffe bereits vor Jahrzehnten in die Böden und das anstehende Grundwasser eingetragen [1,2]. Ein Teil dieser Stoffe ist unter reduzierten, sauerstoffarmen Bedingungen noch heute im Grundwasser nachweisbar.

Auf dem Rieselfeld Münchehofe im Südosten Berlins (Abb. 1) wurde ab 1907 bis zum Bau des Klärwerkes Münchehofe im Jahr 1976 Schwarzwasser verrieselt. Anschließend dienten die Flächen zur Ablagerung von Klärschlamm (bis Anfang der 1990er Jahre). Im direkten Grundwasserabstrombereich des ehemaligen Rieselfeldes befindet sich Berlins zweitgrößtes Wasserwerk (Wasserwerk Friedrichshagen, Abb. 1), weshalb zur Gewährleistung einer hohen Trinkwasserqualität eine ständige und umfassende Überwachung der Roh- und Reinwasser gefordert ist.

In vorangegangenen Studien wurden sowohl im Grundwasser unterhalb und abstromig der ehemaligen Rieselfeldflächen als auch in den geförderten Rohwässern des Wasserwerkes organische Verbindungen anthropogenen

Ursprungs festgestellt [3]. Von den Berliner Wasserbetrieben durchgeführte Gaschromatographie-Massenspektrometrie Screenings ergaben dabei auch erhöhte Konzentrationen der folgenden Psychopharmaka: Meprobamat (Beruhigungsmittel), Pyrihydion (Beruhigungs-/Schlafmittel), Primidon (Antiepileptikum), Phenobarbital (Schlafmittel, Antiepileptikum; Metabolit von Primidon) und Phenylethylmalonamid (PEMA; Metabolit von Primidon). Diese Arzneimittel waren vor allem in der Mitte des 20. Jahrhunderts weit verbreitet, während heutzutage nur noch Primidon und Phenobarbital zur Behandlung von Epilepsie in Deutschland zugelassen sind.

Ziel der vorliegenden Studie war es, das Vorkommen und die Verteilung der Psychopharmaka im Grundwasser unterhalb und abstromig des ehemaligen Rieselfeldes zu untersuchen. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird die aktuelle und zukünftige Gefährdung der Trinkwasserproduktion im Wasserwerk Friedrichshagen beurteilt.

### Methodik

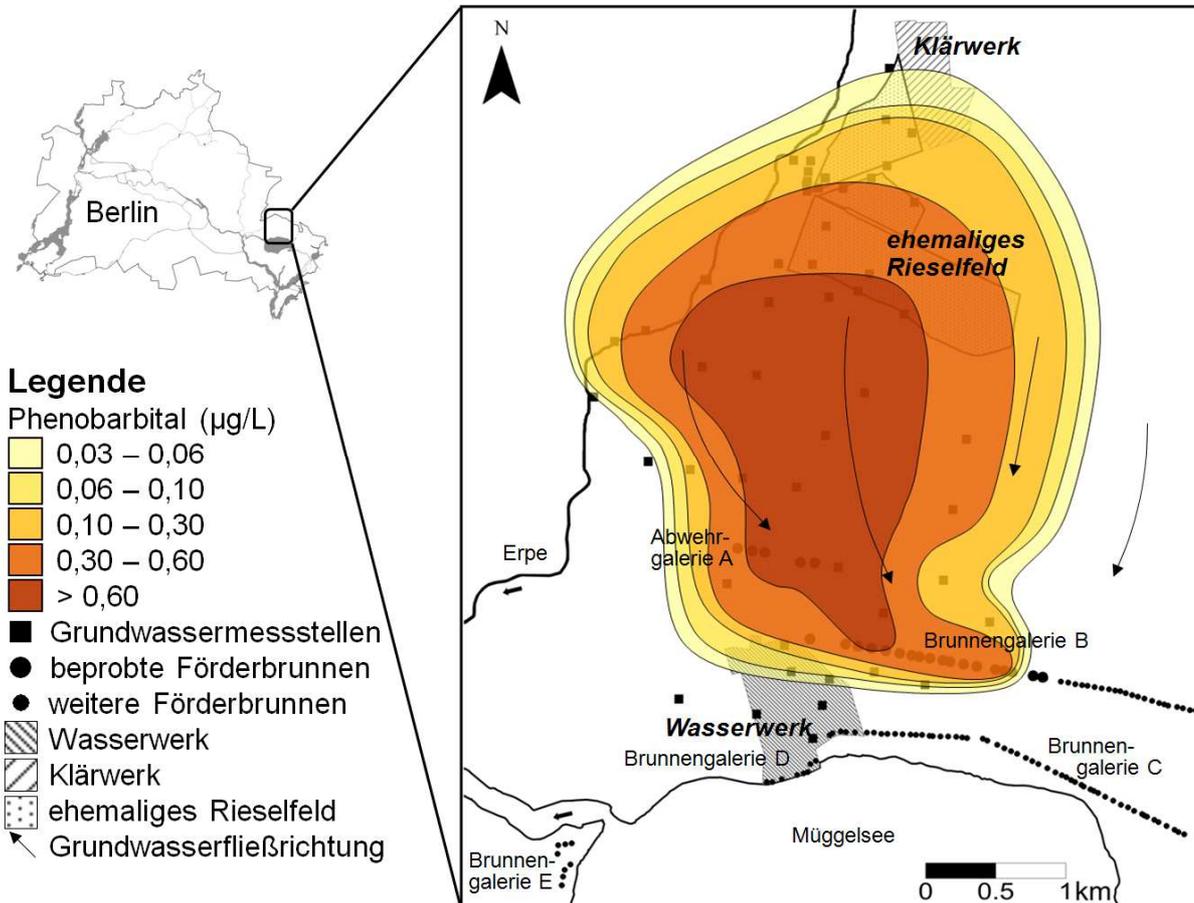
#### Probenherkunft

Im Rahmen der Studie wurden im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Friedrichshagen Grundwasserproben an 100 Grundwassermessstellen (GWM), an 5 Brunnen einer Abwehrgalerie und an 18 Rohwasserförderbrunnen genommen. Die Messstellen wurden im Zeitraum von März 2010 bis April 2011 jeweils dreimal beprobt. Die GWM befinden sich im Bereich der ehemaligen Rieselfeldflächen sowie in deren Abstrom und sind in verschiedenen Tiefen von 3,5 bis 87,3 m unter Geländeoberkante (m u. GOK) verfiltert. Die zum Teil beprobte Brunnengalerie B (Abb. 1) liefert etwa 25% des im Wasserwerk Friedrichshagen geförderten Rohwassers und abstrahiert im Gegensatz zu den anderen Uferfiltrat fördernden Brunnengalerien vorwiegend landseitiges Grundwasser. Die beprobte Abwehrgalerie A (Abb. 1) wird nicht zu Trinkwasserproduktionszwecken genutzt. Das dort geförderte, teils stark kontaminierte Grundwasser wird direkt dem nahegelegenen Klärwerk zugeführt. Durch den Betrieb der Abwehrgalerie A soll die Schadstofffahne des Rieselfeldes abgelenkt und fokussiert werden [4]. Die untersuchten Vertikalbrunnen sind zwischen 20 und 40 m u. GOK verfiltert. Für die Risikoabschätzung bezüglich der Trinkwasserproduktion wurden weiterhin das Roh- und Reinwasser (=Trinkwasser) des Wasserwerkes analysiert (n=4).

## Probenvorbereitung und Analytik

Die Quantifizierung der Psychopharmaka erfolgte im Anschluss an eine automatisierte Festphasenextraktion mittels Flüssigchromatographie und Massenspektrometrie (LC-MS/MS; Waters Acquity UPLC, Waters Micromass Quattro Micro) unter Verwendung einer C18 Säule bei positiver (Primidon, PEMA, Meprobamat, Pyriithyldion) und

negativer (Phenobarbital) Elektrospray-Ionisation. Vor der Extraktion wurden den Proben deuterierte Standards zugesetzt. Für die Untersuchung von Grundwasserproben liefert das Verfahren Bestimmungsgrenzen (BG) von 0,02 und 0,03 µg/L [5].



**Abb. 1:** Mediankonzentrationen von Phenobarbital in einer Tiefe von 17 – 33 m u. GOK der entsprechenden Grundwassermessstellen und Brunnen (µg/L; n=3; März 2010 bis April 2011). Lage des Untersuchungsgebietes mit den Grundwassermessstellen, der Abwehrgalerie A, den nördlichen Brunnengalerien B-E, dem Wasserwerk Friedrichshagen, dem Klärwerk Münchehofe, dem ehemaligen Rieselfeld Münchehofe und der Grundwasserfließrichtung.

## Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Psychopharmaka konnten im Grundwasser unterhalb und abstromig des stillgelegten Rieselfeldes in erhöhten Konzentrationen von bis zu 1,35 µg/L (Phenobarbital) nachgewiesen werden (Tab.1) [6]. Die Substanzen wurden ebenfalls in den Brunnen der Abwehrgalerie A sowie in einigen der beprobten Rohwasserförderbrunnen (Brunnengalerie B) des Wasserwerkes gefunden, die etwa 2,5 km abstromig der ehemaligen Rieselfeldflächen liegen.

Die horizontale Ausbreitung im Untersuchungsgebiet ist als Kontaminationsfahne exemplarisch für Phenobarbital in Abb. 1 dargestellt. Wie in Abb. 1 ersichtlich ist, erstreckt sich die Schadstofffahne von dem ehemaligen Rieselfeld bis hin zu der Brunnengalerie B des Wasserwerkes. Das landseitige Grundwasser nördlich des ehemaligen Rieselfeldes enthält keine erhöhten Psychopharmaka-Konzentrationen. Geringere

Schadstoffkonzentrationen wurden entlang des Kontaminationsrandes festgestellt. In Grundwasserfließrichtung steigen die Messwerte deutlich an und erreichen ihre Höchstwerte im Zentrum der Kontaminationsfahne [6]. Die Form der Kontaminationsfahne wird durch die Rohwasserförderung der nördlichen Brunnengalerien A und B maßgeblich beeinflusst. Durch den Betrieb der Abwehrgalerie A wird die Schadstofffahne teilweise fokussiert. Das hohe Produktionsvolumen der Brunnengalerie B führt jedoch zu einem Abdriften nach Osten.

Durch ein angepasstes Förderregime der Brunnengalerie B und eine starke Verdünnung von kontaminiertem Rohwasser mit Rohwasser aus anderen Brunnengalerien (u. a. Brunnengalerien C-E, Abb.1), die vorwiegend Uferfiltrat fördern, liegen die Messwerte der Psychopharmaka im Roh- und Reinwasser des Wasserwerkes unterhalb der BG [6]. Die vom Umweltbundesamt für Trinkwasser empfohlenen gesund-

heitlichen Orientierungswerte (GOW) [7] werden entsprechend eingehalten.

Die erhöhten Konzentrationen der Psychopharmaka im gesamten Untersuchungsgebiet mehr als 20 Jahre nach Beendigung der Rieselfeldbewirtschaftung zeigen, dass die Stoffe unter den vorliegenden anoxischen Bedingungen des Grundwasserleiters für viele Jahrzehnte persistent sind [6]. Die Größe der Kontaminationsfahne lässt vermuten, dass die Rohwasserproduktion des Wasserwerkes Friedrichshagen durch die ehemalige Rieselfeldbewirtschaftung über weitere Jahrzehnte beeinflusst sein wird.

Um sicher zu stellen, dass die Schadstoffkonzentrationen – insbesondere von Phenobarbital und Meprobamat – im Trinkwasser weiterhin unterhalb des GOW bleiben, wird eine Überwachung des Roh- und Reinwassers empfohlen.

**Tab. 1** : Anzahl der Befunde >BG, gemessene Maximalwerte und Mediankonzentrationen (µg/L) von Meprobamat, Pyrithyldion, Primidon, Phenobarbital und Phenylethylmalonamide (PEMA) in rieselfeldbeeinflusstem Grundwasser (n=315; GWM und Abwehrgalerie A) und in den untersuchten Rohwasserförderbrunnen (n=54; Brunnengalerie B, Wasserwerk Friedrichshagen). Probenahmezeitraum: März 2010 bis April 2011.

Parameter	rieselfeldbeeinflusstes Grundwasser (n=315)			Rohwasserförderbrunnen (n=54)		
	Werte >BG	Maximum (µg/L)	Median (µg/L)	Werte >BG	Maximum (µg/L)	Median (µg/L)
Meprobamat	119	1,13	0,07	47	0,67	0,40
Pyrithyldion	79	0,19	<0,02	30	0,16	0,04
Primidon	182	0,49	0,05	45	0,34	0,19
Phenobarbital	236	1,35	0,20	48	1,23	0,44
PEMA	155	0,48	<0,03	43	0,54	0,12

## Literatur

- [1] SenStadt (2012) <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i110.htm>
- [2] Träger U, Asbrand M, (1995) Belastung des Grundwassers durch Schadstoffverlagerung im Verbreitungsgebiet der Rieselfelder südlich Berlins. In: LUA Brandenburg (Hrsg.): Rieselfelder Brandenburg-Berlin. Studien und Tagungsberichte 9:43-55.
- [3] Richter D, Massmann G, Taute T, Duennbier U (2009) Investigation of the fate of sulfonamides downgradient of a decommissioned sewage farm near Berlin, Germany. J Contam Hydrol 106:183-194.
- [4] Schmolke L-P (2009) Grundwassergütebericht 2006–2008 Einzugsgebiet der Nordgalerien (A–D) des Wasserwerkes Friedrichshagen (Berlin). Berliner Wasserbetriebe, Berlin (unveröffentlicht).
- [5] Hass U, Duennbier U, Massmann G, Pekdeger A (2011) Simultaneous determination of psychoactive substances and their metabolites in aqueous matrices by ultrahigh-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. Anal Methods 3:902–910.
- [6] Hass U, Duennbier U, Massmann G (2012) Occurrence of psychoactive compounds and their metabolites in groundwater downgradient of a decommissioned sewage farm in Berlin (Germany). Environ Sci Pollut Res DOI: 10.1007/s11356-011-0707-x (in press).
- [7] Dieter H (2009) Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmewerte – Definitionen und Festlegungen mit Beispielen aus dem UBA. Fortschreibung eines Vortrags zur 42. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft „Mikroschadstoffe in der aquatischen Umwelt“ vom 18.-20. März 2009 im EUROGRESS Aachen.

## Korrespondenzadresse

Ulrike Hass  
 Berliner Wasserbetriebe  
 Motardstr. 35  
 D-13629 Berlin  
 Tel.: +49(0)30 8644 3360  
 Email: [u.hass@gmx.net](mailto:u.hass@gmx.net)