

# Vorkommen und Eliminierung von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen

Axel Patrick Ligon, Sebastian Zühlke und Michael Spiteller

Institut für Umweltforschung, Universität Dortmund, Otto-Hahn-Straße 6, D-44221 Dortmund, www.infu.uni-dortmund.de

## Aufgabenstellung und Ziele

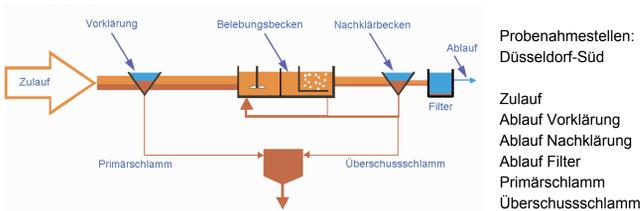
Organische Verbindungen sind in kommunalem Abwasser in einer unüberschaubaren Vielzahl und in sehr unterschiedlichen Konzentrationen enthalten.

Ein nicht unbeträchtlicher Anteil dieser Verbindungen lassen sich auch nach biologischer Abwasserreinigung in Kläranlagenabläufen und im Oberflächengewässern nachweisen und sind wegen ihrer Persistenz, Toxizität und Bioakkumulationen von großer ökotoxologischer Relevanz.

Das Forschungsvorhaben hatte die Zielsetzung, das Auftreten und das Verhalten verschiedener organischer Spurenstoffe in kommunalen Kläranlagen genauer zu untersuchen, die Eliminationswege zu verstehen und Möglichkeiten zur verbesserten Elimination aufzuzeigen. Dazu wurden einerseits der Einfluss bestimmter verfahrenstechnischer Betriebsparameter (wie z.B. das Schlammalter) sowie geeignete neue Verfahrenstechniken analytisch begleitet.

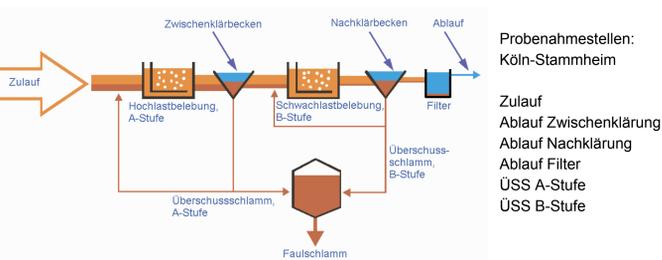
## Material und Methoden

Beprobt wurden die Kläranlagen Düsseldorf-Süd und Köln-Stammheim sowie die halbtechnische Versuchs-Kläranlage Neuss.



Probenahmestellen:  
Düsseldorf-Süd

Zulauf  
Ablauf Vorklärung  
Ablauf Nachklärung  
Ablauf Filter  
Primärschlamm  
Überschussschlamm



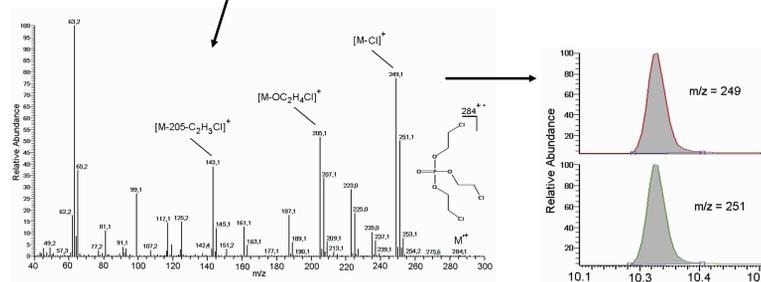
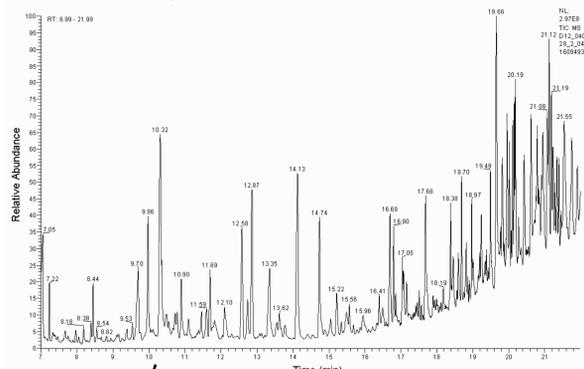
Probenahmestellen:  
Köln-Stammheim

Zulauf  
Ablauf Zwischenklärung  
Ablauf Nachklärung  
Ablauf Filter  
ÜSS A-Stufe  
ÜSS B-Stufe



GC-MS : Thermo Trace MS  
Trennsäule: HP-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm)

GC-Chromatogramm einer Klärschlammprobe



Massenspektrum von TCEP

Selected Ion Monitoring

## Ergebnisse

Die Resultate zeigen ein unterschiedliches Verhalten der Stoffgruppen. Das individuelle Verhalten der verschiedenen Substanzen unterscheidet sich dabei auch innerhalb einer Stoffgruppe erheblich.

Stoffgruppe	Typischer Vertreter
Phthalate: Diethylhexylphthalat - DEHP Dibutylphthalat - DBP Diocetylphthalat - DOP Butylbenzylphthalat - BBzP	DBP 
Alkylphenole: Octylphenol - OP Nonylphenol - NP Bisphenol A - BPA	NP 
Organophosphate: Tri-n-butylphosphat - TnBP Triphenylphosphat - TPP Tris(butoxyethyl)phosphat - TBEP Tris(2-chlorethyl)phosphat - TCEP Tris(2-chlorpropyl)phosphat - TCPP Tris(dichlorpropyl)phosphat - TDCP	TCEP 
Moschusduftstoffe: Galaxolid - HHCB Tonalid - AHTN Moschus-Xylol - MX Moschus-Keton - MK	HHCB 



Behandeltes Abwasser      Rohabwasser  
Klärschlamm (getrocknet)

Die Proben wurden durch Festphasenextraktion, Flüssig-Flüssig-Extraktion und/oder beschleunigte Lösungsmittel-extraktion aufbereitet. Zusätzlich mussten einige Stoffe derivatisiert werden, um eine empfindlichere Gaschromatographie zu ermöglichen. Zur Bestimmung von der Stoffgruppen wurde ein Gaschromatograph mit massenselektivem Detektor (GC/MS) verwendet.

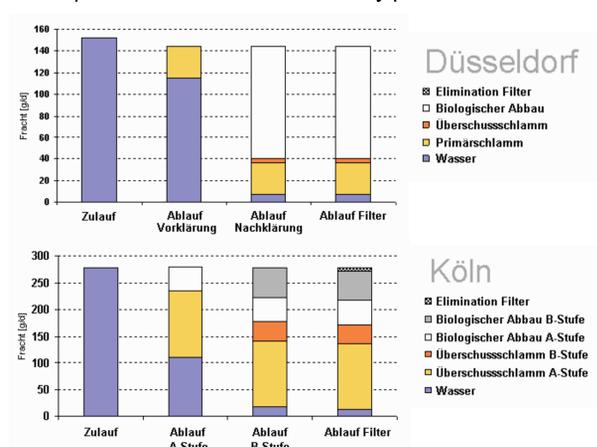
Der Vorteil der GC/MS ist die sichere Identifizierung und Quantifizierung der Zielverbindungen. Der Einsatz des massenselektivem Detektors im „Selected Ion Monitoring“ (SIM) ermöglichte des Weiteren selektiv nur die gewünschten Substanzen zu detektieren.

Da Moschusduftstoffe, Organophosphate und Phthalate nicht zusammen mit Alkylphenolen, Bisphenol A und Triclosan bestimmt werden können, müssen für diese Substanzgruppen jeweils getrennte Messprozeduren durchgeführt werden.

Bei der Betrachtung der erreichten Gesamtelimination in den kommunalen Kläranlagen lässt sich festhalten, dass eine Vielzahl der betrachteten Stoffe bereits zu 85 % oder mehr entfernt werden.

Anhand der vollständigen Beprobung aller Verfahrensstufen des Wasserwegs, des Schlammwegs sowie von Prozesswässern konnte das Verhalten der untersuchten Spurenstoffe in den Kläranlagen Düsseldorf und Köln erfasst und deren Aufkommen bilanziert werden.

Beispiel: Massenbilanz von Dibutylphthalat



Zum Beispiel wurde für DBP in beiden Kläranlagen eine sehr gute Gesamtelimination von > 95 % nachgewiesen. Die Zulaufkonzentrationen sind im Gegensatz zu den Frachten im Median insbesondere für das DBP auf dem Klärwerk Düsseldorf gegenüber dem Klärwerk Köln leicht erhöht. Die Elimination von DBP ist sowohl auf einen Sorptionsanteil an die Schlämme als auch auf einen biologischen Abbau in den Belebungsstufen zurückzuführen. Beim Klärwerk Düsseldorf überwiegt der biologische Abbau mit 70 - 75 %, während für das Klärwerk Köln-Stammheim eine etwa gleiche Verteilung der Elimination auf Sorption und biologischen Abbau festgestellt wurde. Die Elimination in den Filterstufen der betrachteten Kläranlagen betrug weniger als 5 %.

## Folgerungen

Zur Bewertung der Kläranlagen müssen insbesondere die Ablaufkonzentrationen betrachtet werden. Auch wenn die Eliminationsleistung für einige Stoffe sehr hoch erscheint, können die Restkonzentrationen ökotoxikologisch relevant sein.

Zur Minimierung der Belastung von Oberflächengewässern mit organischen Spurenstoffen wird eine Behandlungstechnologie benötigt, die die bestehenden Belebungsanlagen ergänzen kann. Als Beispiel für eine ergänzende Technologie, ist die Kombination einer Oxidationsstufe mit einer anschließenden biologischen Behandlung, um eine verbesserte Elimination schwer abbaubarer Substanzen zu ermöglichen.

Finanziell wurde das von Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans Fahlenkamp (Universität Dortmund - BCI) geleitete Projekt durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV NRW) unterstützt.