



## DROGENPERSPEKTIVEN

# Abwasseranalyse und Drogen – eine europäische städte- übergreifende Studie

Die Ergebnisse des bislang größten europäischen Projekts in der neu entstehenden Wissenschaft der Abwasseranalyse werden in dieser Ausgabe der „Drogen im Blickpunkt“-Reihe erörtert. Im Rahmen dieses Projekts wurden in rund 60 europäischen Groß- und Kleinstädten (nachfolgend „Städte“) Abwasseranalysen durchgeführt, um die Drogenkonsumgewohnheiten ihrer Bewohner zu erforschen. Die Ergebnisse stellen eine wertvolle Momentaufnahme des Drogenflusses durch die beteiligten Städte dar und offenbaren dabei deutliche geografische Unterschiede.

Die Abwasseranalyse ist ein sich rasch entwickelndes wissenschaftliches Fachgebiet, das die Überwachung von Echtzeitdaten zu geografischen und zeitlichen Entwicklungen im Bereich des illegalen Drogenkonsums ermöglicht. Die ursprünglich in den 1990er Jahren zur Überwachung der Umweltauswirkungen von häuslichem Abwasser genutzte Methode wird inzwischen zur Schätzung des illegalen Drogenkonsums in verschiedenen Städten eingesetzt (Daughton, 2001; van Nuijs et al., 2011; Zuccato et al., 2008). Sie beinhaltet die Entnahme einer Abwasserprobe, wie z. B. die Probenahme am Zulauf einer Kläranlage. Dies ermöglicht es Wissenschaftlern, die Menge der in einer Gemeinschaft konsumierten Drogen durch die Messung der Konzentrationen an illegalen Drogen und ihrer Metaboliten im ausgeschiedenen Urin zu schätzen (Zuccato et al., 2008).

### Abwasseruntersuchungen in europäischen Städten

Im Jahr 2010 wurde ein europaweites Netzwerk (Sewage analysis CORe group — Europe (SCORE)) gegründet, um die zur Abwasseranalyse verwendeten Ansätze zu standardisieren und internationale Studien durch die Einrichtung eines gemeinsamen Aktionsplans zu koordinieren. Die erste Maßnahme der SCORE-Gruppe war eine europaweite Untersuchung, die im Jahr 2011 in 19 europäischen Städten durchgeführt wurde und die erste Abwasserstudie der regionalen Unterschiede im Konsum illegaler Drogen in Europa ermöglichte (Thomas et al., 2012). Diese Studie beinhaltete auch die erste Interkalibrierung zur Bewertung der Qualität der analytischen Daten und



ließ eine umfassende Charakterisierung der wichtigsten Unsicherheiten des Ansatzes zu (Castiglioni et al., 2014). Infolge des Erfolgs dieser ersten Studie wurden in den darauf folgenden vier Jahren vergleichbare Studien durchgeführt, die 2017 insgesamt 56 Städte in 19 europäischen Ländern abdeckten. An allen Standorten wurden ein Standardprotokoll und eine gemeinsame Qualitätskontrolle genutzt, was einen direkten Vergleich der Belastung durch illegale Drogen in Europa in einem Zeitraum von einer Woche während sieben aufeinander folgender Jahre ermöglichte. Für die Kampagne zur Abwasserüberwachung 2017 wurden innerhalb einer einzigen Woche im März rohe 24-Stunden-Sammelproben entnommen. Diese Proben wurden auf die Urin-Biomarker (d. h. messbare Eigenschaften) der Muttersubstanz (d. h. die Primärschubstanz) für Amphetamin, Metamphetamin und MDMA untersucht. Außerdem wurden die Proben auf die mit dem Urin ausgeschiedenen Hauptmetaboliten (d. h. die Stoffe, die produziert werden, wenn der Körper Drogen abbaut) von Kokain und Cannabis untersucht, nämlich Benzoylcgonin (BE) und THC-COOH (11-Nor-9-carboxy-delta9-Tetrahydrocannabinol).

Hauptgegenstand des vorliegenden Berichts sind illegale Stimulanzien. Für Cannabis werden keine Ergebnisse gemeldet, da THC-COOH die Abwasserepidemiologie vor eine Reihe von technischen Herausforderungen stellt, die Gegenstand laufender Forschungsarbeiten sind (Causanilles et al., 2017a).

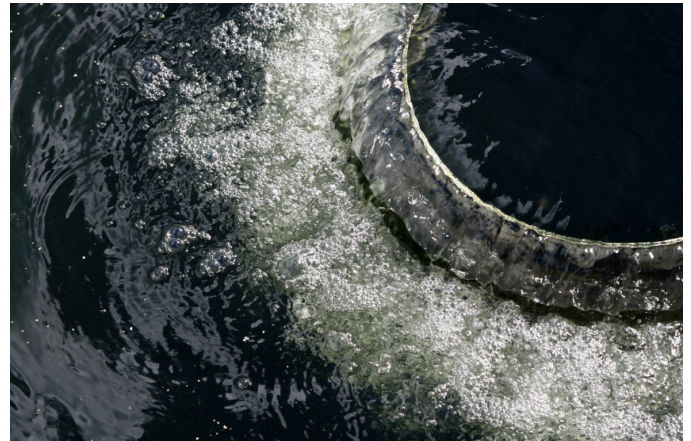
## Muster des illegalen Drogenkonsums: geografische und zeitliche Unterschiede

### Die wichtigsten Erkenntnisse 2017

Das Projekt ergab ein Bild von unterschiedlichen geografischen und zeitlichen Mustern des Drogenkonsums in europäischen Städten (siehe Interaktiv: Erforschen Sie die Daten der Studie).

Die beobachteten BE-Belastungen im Abwasser deuten darauf hin, dass der Kokain-Konsum in west- und südeuropäischen Städten am höchsten ist, insbesondere in Städten in Belgien, den Niederlanden, Spanien und dem Vereinigten Königreich. Die Abwasseranalyse gibt Hinweise darauf, dass der Kokain-Konsum in den meisten osteuropäischen Ländern sehr niedrig bis unwesentlich ist.

Die im Abwasser festgestellten Amphetamin-Belastungen variierten an den verschiedenen Orten der Studie deutlich, wobei die höchsten Konzentrationen in Städten in Nord- und Osteuropa festgestellt wurden. In südeuropäischen Städten wurden deutlich niedrigere Amphetamin-Werte gemessen.



Methamphetamin, dessen Konsum insgesamt niedrig ist und ursprünglich auf die Tschechische Republik und die Slowakei beschränkt war, wird nun offenbar auch in Zypern, Ostdeutschland und Nordeuropa konsumiert. Die an den anderen Orten gemessenen Metamphetamin-Belastungen waren sehr gering bis vernachlässigbar.

Die höchsten MDMA-Rückstände wurden im Abwasser von Städten in Belgien, Deutschland und den Niederlanden festgestellt.

In zehn Ländern, die an der Kampagne zur Abwasserüberwachung 2017 teilnahmen, wurden Untersuchungen an zwei oder mehr Studienstandorten durchgeführt (Belgien, Zypern, Tschechische Republik, Deutschland, Finnland, Frankreich, Niederlande, Portugal, Spanien und Slowakei). Im Rahmen der Studie wurden Unterschiede zwischen Städten desselben Landes ermittelt, was womöglich teilweise auf die unterschiedlichen sozialen und demografischen Merkmale der Städte (Hochschulen, Vorhandensein von Ausgevierteln und Altersstruktur der Bevölkerung) zurückzuführen ist. In den meisten Ländern mit mehreren Studienstandorten war die Kokain- und MDMA-Belastung in Großstädten grundsätzlich höher als in kleineren Städten. Im Hinblick auf die Belastung mit Amphetamin und Methamphetamin konnten keine derartigen Unterschiede nachgewiesen werden.

Neben geografischen Mustern kann die Abwasseranalyse Schwankungen in den wöchentlichen Mustern des illegalen Drogenkonsums ermitteln. Mehr als drei Viertel der Städte wiesen am Wochenende (Freitag bis Montag) höhere BE- und MDMA-Konzentrationen als an Wochentagen auf. Im Gegensatz dazu wurde im Hinblick auf Amphetamin eine gleichmäßigere Verteilung über die gesamte Woche festgestellt.

### Trenddaten

Einundzwanzig Städte haben seit 2011 an mindestens fünf der jährlichen Kampagnen zur Abwasserüberwachung

teilgenommen, was eine Zeittrendanalyse des Drogenkonsums auf der Basis von Abwasseruntersuchungen ermöglicht.

Für die meisten Städte ergibt sich im Zeitraum zwischen 2011 und 2015 ein relativ stabiles Bild des Kokainkonsums. Die ermittelten allgemeinen Muster ähnelten sich in den ersten fünf aufeinander folgenden Jahren, wobei die höchste und die niedrigste BE-Belastung in denselben Städten und Regionen gemessen wurden. Die meisten Städte weisen zwischen 2011 und 2015 einen rückläufigen oder stabilen Trend auf. Im Jahr 2016 gab es erste Anzeichen dafür, dass sich dieses Muster änderte: 22 von 33 Städten mit Daten für 2015 und 2016 meldeten einen Anstieg. Dies wurde im Jahr 2017 bestätigt, als 19 der 31 Städte mit Daten für 2016 und 2017 einen Anstieg der gemessenen Belastung meldeten. Die meisten der 13 Städte mit Daten für 2011 und 2017 berichten über längerfristig ansteigende Trends.

Über den Überwachungszeitraum von sieben Jahren hinweg wurden die höchsten MDMA-Belastungen durchgehend im Abwasser von Städten in Belgien und den Niederlanden festgestellt. Die längerfristigen Trends zeigen, dass die MDMA-Rückstände im Abwasser 2017 in den meisten Städten mit mindestens sechs Datenpunkten höher waren als 2011, wobei in einigen Städten, u. a. in Antwerpen und Amsterdam, ein drastischer Anstieg zu verzeichnen war. Für die meisten Städte, die für den Zeitraum 2011-16 einen starken Anstieg verzeichneten, scheint sich der Trend 2017 stabilisiert zu haben.

Insgesamt zeigen die Daten aus den sieben Überwachungskampagnen in Bezug auf Amphetamin und Metamphetamin keine wesentlichen Veränderungen in den allgemeinen Konsummustern.

### Vergleich mit Ergebnissen anderer Überwachungsinstrumente

Da die Abwasseranalyse (kollektiver Konsum der Substanzen innerhalb einer Gemeinschaft) und bewährte Überwachungsinstrumente, wie etwa Erhebungen in der Bevölkerung (Prävalenz im letzten Monat oder Jahr), verschiedene Arten von Informationen liefern, ist ein direkter Vergleich der Daten schwierig. Jedoch stimmen die Muster und Trends, die durch die Abwasseranalyse festgestellt wurden, weitgehend, aber nicht vollständig mit den Analysen anhand anderer Überwachungsinstrumente überein.

So zeigen Daten aus Beschlagnahmungen und aus der Abwasseranalyse beide das Bild eines geografisch divergenten Marktes für Stimulanzien in Europa, wobei Kokain im Süden und Westen eine höhere Prävalenz aufweist, während Amphetamine häufiger in mittel- und nordeuropäischen Ländern vorkommen (EMCDDA,

## Begriffe und Begriffsbestimmungen

**Rückrechnung** ist das Verfahren, bei dem Forscher den Konsum illegaler Drogen in der Bevölkerung anhand der Menge entsprechender Drogenrückstände, die in die Kläranlage gelangt sind, berechnen bzw. schätzen.

**Flüssigkeitschromatographie/Tandem-Massenspektrometrie (LC/MS/MS)** ist die am häufigsten angewandte analytische Methode zur Quantifizierung von Drogenrückständen im Abwasser. LC-MS/MS ist ein analytisches chemisches Verfahren, das die Trennmethode der Flüssigkeitschromatographie mit den Analysemöglichkeiten der Massenspektrometrie verbindet. Angesichts der Komplexität und der erwarteten niedrigen Konzentrationen im Abwasser ist die LC-MS/MS aufgrund ihrer Empfindlichkeit und Selektivität eine der wirkungsvollsten Techniken für diese Analyse.

### Metabolit

Spuren konsumierter Drogen gelangen entweder unverändert oder als Gemisch von Metaboliten in das Kanalisationsnetz. Metaboliten sind die Endprodukte des Stoffwechsels, die produziert werden, wenn der Körper die Drogen abbaut.

### Rückstand

Die Abwasseranalyse stützt sich auf den Umstand, dass wir Spuren von nahezu allem, was wir zu uns nehmen, darunter auch illegale Drogen, mit unserem Urin ausscheiden. Der Zieldrogenrückstand ist das, was nach der Ausscheidung im Abwasser verbleibt; er wird genutzt, um den Konsum illegaler Drogen in der Bevölkerung zu messen.

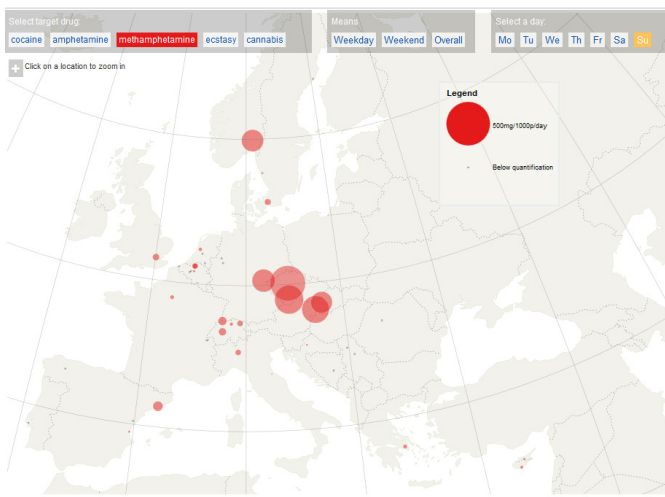
### Urin-Biomarker

Analytische Chemiker suchen in Abwasserproben nach Urin-Biomarkern (messbare Eigenschaften zur Berechnung des Drogenkonsums der Bevölkerung); dies können die Muttersubstanz (d. h. die Primärschubstanz) oder ihre Metaboliten im Urin sein.

2017). Ähnliche Ergebnisse finden sich auch in Daten aus Erhebungen in der Bevölkerung zum Drogenkonsum. Während das im Abwasser festgestellte Muster im Allgemeinen mit bewährten Überwachungsinstrumenten übereinstimmt, gibt es einige Ausnahmen: Die Amphetamin-Belastungen im Abwasser in Paris liegen in den aufeinander folgenden jährlichen Kampagnen zur Abwasserüberwachung unterhalb der Nachweisgrenze, was den Befunden anderer Überwachungsinstrumente jedoch widerspricht.

Daten bewährter Indikatoren zeigen, dass der Metamphetamin-Konsum in der Vergangenheit auf die Tschechische Republik und zuletzt auch auf die

## Interaktiv



Interaktiv: Erforschen Sie die Daten der Studie:  
[emcdda.europa.eu/topics/pods/waste-water-analysis](http://emcdda.europa.eu/topics/pods/waste-water-analysis)

Slowakei begrenzt war, obwohl in den letzten Jahren ein zunehmender Konsum in anderen Ländern beobachtet wurde (EMCDDA, 2016a). Diese Befunde werden durch aktuelle abwasserbasierte epidemiologische Untersuchungen bestätigt, in denen die höchsten Methamphetamin-Belastungen in tschechischen, slowakischen, deutschen und finnischen Städten festgestellt wurden.

Bewährte Indikatoren zeigen, dass die MDMA-Prävalenz bis vor kurzem in vielen Ländern abnahm, wobei die Spitzenwerte Anfang und Mitte der 2000er Jahre gemessen wurden. Abwasserdaten und Daten bewährter Indikatoren zeigen, dass sich dies zu ändern scheint. So meldete die überwiegende Mehrheit der Städte 2016 oder 2017 höhere MDMA-Belastungen im Abwasser als 2011.

Ebenso deuten Studien, die sich jeweils auf den selbstberichteten Drogenkonsum und auf Abwasserdaten stützen, auf dieselben wöchentlichen Unterschiede im Konsum hin, wobei Stimulanzien wie Amphetamin und Kokain in erster Linie auf am Wochenende stattfindenden Musikveranstaltungen und im Zusammenhang mit der Feierkultur konsumiert werden (Tossmann et al., 2001).

Es wird eine begrenzte, aber stetig steigende Anzahl von Studien veröffentlicht, in denen Schätzungen des Drogenkonsums mittels Abwasseranalysen und Schätzungen aus epidemiologischen Erhebungen miteinander verglichen werden (EMCDDA, 2016b; van Wel et al., 2015). Während 2012 lediglich in einer berichteten Studie der Versuch unternommen wurde, die Abwasseranalyse im Vergleich zu herkömmlichen epidemiologischen Verfahren zu beurteilen (Reid et al., 2012), hat sich diese Zahl mittlerweile auf rund 20 veröffentlichte Forschungsartikel erhöht, die sich mit einem Vergleich der durch eine Abwasseranalyse ermittelten Daten und der anhand anderer Indikatoren erhobenen Daten befassen.

Eine erste Studie, die in Oslo, Norwegen, durchgeführt und 2012 veröffentlicht wurde, verglich die Ergebnisse dreier verschiedener Datensätze (eine Erhebung in der Allgemeinbevölkerung, eine Umfrage auf der Straße und eine Abwasseranalyse) (Reid et al., 2012).

Andere, aktuellere Studien vergleichen und korrelieren abwasserbasierte Schätzungen über den Konsum illegaler Drogen mit anderen Datenquellen, u. a. mit selbst gemeldeten Daten (Been et al., 2015; Castiglioni et al., 2016; van Wel et al., 2016a), Konsumdelikten (Been et al., 2016a), Beschlagnahmungen illegaler Drogen (Baz-Lomba et al., 2016; Kankaanpää et al., 2014, 2016), Schätzungen der Spritzenabgabe (Been et al., 2015), toxikologischen Daten (Kankaanpää et al., 2014, 2016) sowie der Anzahl der in Behandlung befindlichen Drogenkonsumenten (Krizman et al., 2016).

Die Vergleichsstudien wurden mehrheitlich in Europa durchgeführt, u. a. in Belgien (van Wel et al., 2016a), Kroatien (Krizman et al., 2016), Deutschland (Been et al., 2016a), Finnland (Kankaanpää et al., 2014, 2016), Italien (Castiglioni et al., 2016), in der Schweiz (Been et al., 2015; Been et al., 2016b) und länderübergreifend (Baz-Lomba et al., 2016, Castrignanò et al., 2018, Löve et al., 2018). Außerhalb Europas wurden in den letzten Jahren Studien veröffentlicht, die abwasserbasierte Schätzungen mit anderen Datenquellen in China (Du et al., 2015), Australien (Tscharke et al., 2015) und in Ländern vergleichen, in denen die Menge der Daten zum Drogenkonsum aufgrund finanzieller Zwänge oder fehlender Überwachungsinstrumente begrenzt ist (Archer et al., 2018).

Diese Beispiele bestätigen, dass der abwasserbasierten Epidemiologie als komplementärem Ansatz zur Gewinnung eines genaueren und ausgewogeneren Bildes des Drogenkonsums innerhalb verschiedener Gemeinschaften eine große Zukunft bevorsteht. Abwasseranalysen können die Ergebnisse von Erhebungen in der Bevölkerung vorhersagen und bei der Feststellung neuer Trends des Drogenkonsums als „Frühwarn“-Instrument verwendet werden.

## Grenzen dieser Methode

Die Abwasseranalyse stellt zwar eine interessante ergänzende Datenquelle für die Überwachung der Mengen von auf Bevölkerungsebene konsumierten illegalen Drogen dar, doch liefert sie keine Informationen zur Prävalenz und zur Häufigkeit des Konsums, zu den Hauptkonsumentengruppen und zum Reinheitsgrad der Drogen. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich durch Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Verhalten der ausgewählten Biomarker in der Abwasserleitung, verschiedenen Rückrechnungsmethoden und verschiedenen Ansätzen zur Schätzung der Größe der untersuchten Bevölkerungsgruppe (Castiglioni et al., 2013,



2016; Lai et al., 2014; EMCDDA, 2016b). Die Schwierigkeiten bei der Auswahl der Analyseziele für Heroin beispielsweise machen die Überwachung dieser Droge im Abwasser im Vergleich zu anderen Substanzen komplizierter (Been et al., 2015). Außerdem schwankt der Reinheitsgrad von Produkten im Straßenhandel auf unvorhersehbare Weise im Zeitverlauf und an verschiedenen Standorten. Ferner ist die Umrechnung der konsumierten Gesamtmenge in die entsprechende Anzahl an durchschnittlichen Einzeldosen kompliziert, da Drogen auf unterschiedlichen Wegen und in sehr unterschiedlichen Mengen eingenommen werden können und sie sehr unterschiedliche Reinheitsgrade aufweisen (Zuccato et al., 2008).

Es werden Anstrengungen unternommen, um die Ansätze zur Abwasserüberwachung zu verbessern. So wurde beispielsweise an der Beseitigung einer wichtigen Unsicherheitsquelle gearbeitet, die mit der Schätzung der Anzahl der Personen zusammenhängt, die sich zum Zeitpunkt der Probenahme in einem Abwassereinzugsgebiet aufhalten. Dabei wurden Daten mobiler Geräte genutzt, um die dynamische Bevölkerungsgröße für die abwasserbasierte Epidemiologie besser schätzen zu können (Thomas et al., 2017).

## Neue Entwicklungen und die Zukunft

Die abwasserbasierte Epidemiologie hat sich zu einem wichtigen Instrument für die Überwachung des Konsums illegaler Drogen entwickelt, und künftige Richtungen der Abwasserforschung wurden erkundet (EMCDDA, 2016b).

Erstens wurde die Abwasseranalyse als Instrument vorgeschlagen, um einige der Herausforderungen im Zusammenhang mit dem dynamischen Markt der neuen psychoaktiven Substanzen (NPS) zu bewältigen. Dies beinhaltet die große Anzahl an einzelnen NPS, die relativ niedrige Prävalenz des Konsums und die Tatsache, dass viele Konsumenten nicht genau wissen, welche Substanzen sie konsumieren. Es wurde ein neues Verfahren zur Identifikation von NPS entwickelt, welches die Entnahme und Analyse von Mischurin aus alleinstehenden, tragbaren Urinalen in Nachtlokalen, Stadtzentren und auf Musikfestivals beinhaltet. Dadurch werden zeitnahe Daten zu exakt jenen NPS geliefert, die an einem bestimmten Ort zu dem Zeitpunkt konsumiert werden (Archer et al., 2013a, 2013b, 2015; Causanilles et al., 2017b; Kinyua, et al., 2016; Mardal et al., 2017; Reid et al., 2014;). Das europäische Projekt „NPS euronet“ zielt darauf ab, die Fähigkeit zur Identifikation und Bewertung der in Europa konsumierten NPS zu verbessern. Im Rahmen des Projekts werden innovative analytische chemische und epidemiologische Methoden und ein robustes Risikobewertungsverfahren angewandt, um die Identifikation von NPS zu verbessern, Risiken zu bewerten und das Ausmaß und die Konsummuster in bestimmten Gruppen (z. B. auf

Musikfestivals) und in der Bevölkerung zu schätzen (Bade et al., 2017; González-Mariño et al., 2016).

Zweitens ließen sich über die Schätzung des illegalen Drogenkonsums hinaus mit Hilfe von abwasserbasierter Epidemiologie in den letzten Jahren erfolgreich detaillierte Informationen über den Konsum und Missbrauch von Alkohol (Boogaerts et al., 2016; Mastroianni et al., 2017; Rodríguez-Álvarez et al., 2015), Tabak (Senta et al., 2015; van Wel et al., 2016b) und Arzneimitteln in einer bestimmten Population (Baz-Lomba et al., 2016, 2017; Been et al., 2015; Krizman-Matasic et al., 2018; Salvatore et al., 2016,) gewinnen. Des Weiteren kann die Abwasseranalyse potenziell Informationen über Gesundheits- und Krankheitsindikatoren innerhalb einer Gemeinschaft liefern (Kasprzyk-Hordern et al., 2014; Thomaidis et al., 2016; Yang et al., 2015).

Drittens ist das Potenzial zur Nutzung von abwasserbasierter Epidemiologie als Instrument zur Ergebnismessung, insbesondere bei der Bewertung der Wirksamkeit von Interventionen, die auf das Angebot (z. B. Strafverfolgung) oder die Nachfrage von Drogen (z. B. Kampagnen im Sinne der öffentlichen Gesundheit) abzielen, noch nicht vollständig erforscht. Eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen beteiligten Interessengruppen, einschließlich Epidemiologen, Abwasserexperten und Justizbehörden, wird nachdrücklich empfohlen, um die Untersuchung dieser potenziellen Anwendungen von abwasserbasierter Epidemiologie einzuleiten (EMCDDA, 2016b).

Viertens kann die Abwasseranalyse durch eine Rückrechnung der täglichen Belastung des Abwassersystems mit den Zielrückständen Schätzungen des Gesamtkonsums liefern. Konkret sollen die besten Verfahren zur Schätzung jährlicher Durchschnitte ermittelt werden. 2016 legte die EMCDDA zum ersten Mal Schätzungen über die Marktgröße des Kleinverkaufs illegaler Drogen in Bezug auf die Menge und den Wert der konsumierten Hauptsubstanzen vor (EMCDDA und Europol, 2016c). Die Befunde von Abwasseranalysen werden voraussichtlich helfen können, die Arbeit in diesem Bereich weiterzuentwickeln.

Abschließend ist anzumerken, dass neue Methoden, wie etwa die Erstellung von Profilen von Enantiomeren, entwickelt wurden, um zu bestimmen, ob eine massive Drogenbelastung des Abwassers auf den Konsum, auf die Entsorgung nicht konsumierter Drogen oder auf Produktionsabfälle zurückzuführen ist. Es ist nun wichtig, den möglichen Nutzen der Abwasseranalyse für Berichte über Dynamiken des Drogenangebots, einschließlich der Produktion synthetischer Drogen, zu beurteilen (Emke et al., 2014).

Die Abwasseranalyse hat ihr Potenzial als nützliche Ergänzung zu bewährten Überwachungsinstrumenten im Bereich Drogen bewiesen. Sie hat einige klare Vorteile gegenüber anderen Ansätzen, da sie nicht Gegenstand

einer Antwortverzerrung oder Schweigeverzerrung ist und das wahre Spektrum der konsumierten Drogen besser identifizieren kann, da Konsumenten die tatsächliche Mischung der von ihnen eingenommenen Substanzen oftmals nicht kennen. Dieses Instrument hat das Potenzial, zeitnahe Informationen in kurzen Zeitfenstern zu geografischen und zeitlichen Trends zu liefern. Zur Prüfung der Qualität und Genauigkeit der Daten sind weitere Vergleiche zwischen der Abwasseranalyse und Daten, die durch andere Indikatoren gewonnen wurden, notwendig.

Die Methode der Abwasseranalyse hat sich von einem experimentellen Verfahren zu einer neuen Methode im Rahmen des epidemiologischen Instrumentariums entwickelt. Ihre Fähigkeit, schnell neue Trends zu ermitteln, kann dabei helfen, Programme im Bereich der öffentlichen Gesundheit und politische Initiativen auf bestimmte Gruppen von Menschen und die verschiedenen Drogen, die sie konsumieren, auszurichten.

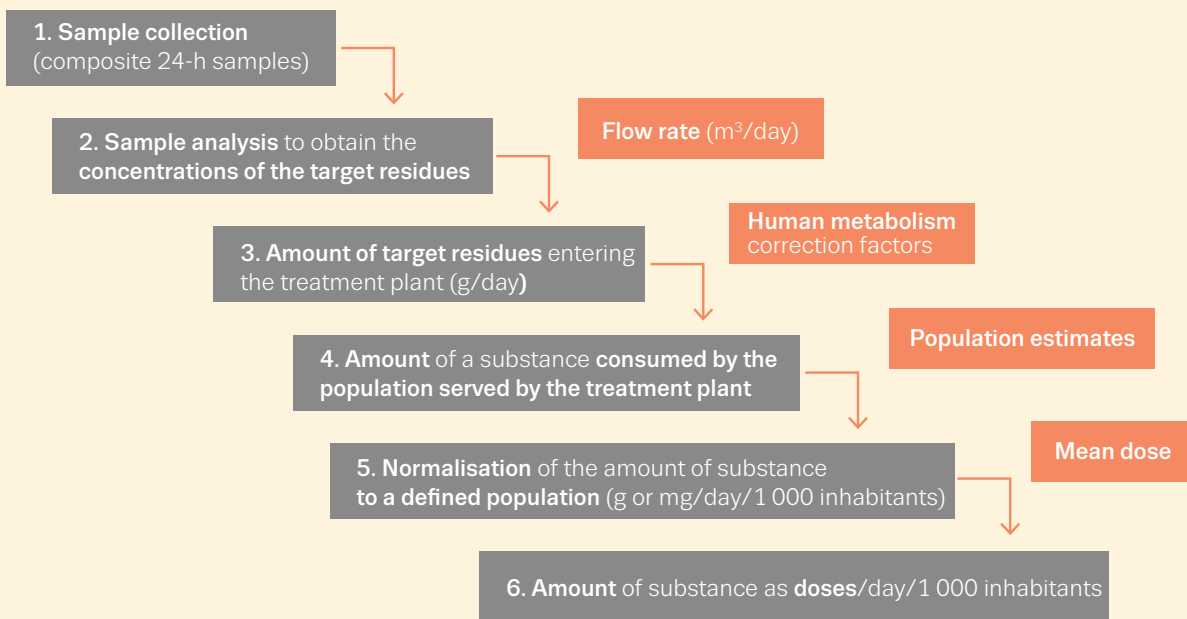
## Erläuterung der Abwassermethode und Auseinandersetzung mit ethischen Fragen

Um die Höhe des Drogenkonsums anhand des Abwassers zu schätzen, versuchen die Forscher zunächst, Drogenrückstände zu ermitteln und zu quantifizieren, und sodann die Menge der illegalen Drogen, die von der an Kläranlagen angeschlossenen Bevölkerung konsumiert wird, zurückzurechnen (Castiglioni et al., 2014). Dieser Ansatz umfasst mehrere Schritte (siehe Abbildung). Zunächst werden in einem abgegrenzten geografischen Gebiet Mischproben von unbehandeltem Abwasser aus der Kanalisation genommen. Anschließend werden diese Proben analysiert, um die Konzentrationen der Zieldrogenrückstände zu bestimmen. Danach wird der Drogenkonsum durch Rückrechnung geschätzt, indem die Konzentration des jeweiligen Zieldrogenrückstands (ng/l) mit dem entsprechenden Zufluss aus der Kanalisation (l/Tag) multipliziert wird. Ein Korrekturfaktor für die jeweilige Droge wird als Teil der Rechnung berücksichtigt. In einem letzten Schritt wird das Ergebnis durch die an die Kläranlage angeschlossene Bevölkerung dividiert, woraus sich die Menge einer Substanz ergibt, die pro Tag pro 1 000 Einwohner konsumiert wird. Bevölkerungsschätzungen können unter Zuhilfenahme verschiedener biologischer Parameter, Erhebungsdaten, der Zahl der Hausanschlüsse oder der Auslegungskapazität berechnet werden, aber insgesamt ist die Variabilität der verschiedenen Schätzungen in der Regel sehr hoch.

Wenngleich mit der Abwasseranalyse in erster Linie Trends des illegalen Drogenkonsums in der Allgemeinbevölkerung untersucht werden, wurde sie auch auf kleine Gemeinschaften angewandt, darunter Arbeitsstätten, Schulen (Zuccato et al., 2017), Musikfestivals, Haftanstalten (Nefau et al., 2017) und bestimmte Stadtviertel (Hall et al., 2012).

Der Einsatz dieser Methode in kleinen Gemeinschaften kann ethische Risiken bergen (Prichard et al., 2014), wie z. B. die mögliche Ermittlung einer bestimmten Gruppe innerhalb der Gemeinschaft.

Die SCORE-Gruppe veröffentlichte 2016 ethische Leitlinien für abwasserbasierte Epidemiologie und verwandte Gebiete (Prichard et al., 2016). Ziel dieser Leitlinien ist es, die wichtigsten potenziellen ethischen Risiken für die Abwasserforschung aufzuzeigen und Strategien zur Verminderung dieser Risiken vorzuschlagen. Risiken zu verringern heißt, die Wahrscheinlichkeit negativer Ereignisse zu senken und/oder die Folgen negativer Ereignisse zu minimieren.



Quelle: Castiglioni et al., 2013a

## Literaturverzeichnis

- Archer, J. R. H., Dargan, P. I., Hudson, S. and Wood, D. M. (2013a), 'Analysis of anonymous pooled urinals in central London confirms the significant use of novel psychoactive substances', *QJM*, 106(2), pp. 147–152.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Wood, D. M. and Dragan, P. I. (2013b), 'Analysis of urine from pooled urinals: a novel method for the detection of novel psychoactive substances', *Current Drug Abuse Reviews*, online publication, 5 December.
- Archer, J. R. H., Hudson, S., Jackson, O. (2015), 'Analysis of anonymized pooled urine in nine UK cities: variation in classical recreational drug, novel psychoactive substance and anabolic steroid use', *QJM*, 108 (12), pp. 929–933.
- Archer, E., Castrignanò, E., Kasprzyk-Hordern, B., Wolfaardt, G. M. (2018), 'Wastewater-based epidemiology and enantiomeric profiling for drugs of abuse in South African wastewaters', *Science of the Total Environment* 625, pp.7928–00.
- Bade, R., Bijlsma, L., Sancho, J. et al. (2017), 'Liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of synthetic cathinones and phenethylamines in influent wastewater of eight European cities', *Chemosphere* 168, pp.10321–041.
- Baz-Lomba, J. A., Salvatore, S., Gracia-Lor, E., et al. (2016), 'Comparison of pharmaceutical, illicit drug, alcohol, nicotine and caffeine levels in wastewater with sale, seizure and consumption data for 8 European cities', *BMC Public Health*, 16, 1, 1035.
- Baz-Lomba, J. A., Harman, C., Reid, M. and Thomas, K. V. (2017), 'Passive sampling of wastewater as a tool for the long-term monitoring of community exposure: Illicit and prescription drug trends as a proof of concept', *Water Research* 121, pp.2212–30.
- Been, F., Benaglia, L., Lucia, S., et al. (2015), 'Data triangulation in the context of opioids monitoring via wastewater analyses', *Drug and Alcohol Dependence*, 151, pp. 203–210.
- Been, F., Bijlsma, L., Benaglia, L., et al. (2016a), 'Assessing geographical differences in illicit drug consumption: A comparison of results from epidemiological and wastewater data in Germany and Switzerland', *Drug and Alcohol Dependence* 161, pp. 189–199.
- Been, F., Schneider, C., Zobel, F., Delémont, O., Esseiva, P. (2016b), 'Integrating environmental and self-report data to refine cannabis prevalence estimates in a major urban area of Switzerland', *International Journal of Drug Policy*, 36, pp. 33–40.
- Boogaerts, T., Covaci, A., Kinyua, J., et al. (2016), 'Spatial and temporal trends in alcohol consumption in Belgian cities: A wastewater-based approach', *Drug and Alcohol Dependence* 160, pp. 170–176.
- Bramness, J.G., Reid M.J., Solvik, K.F. and Vindenes, V. (2014), 'Recent trends in the availability and use of amphetamine and methamphetamine in Norway', *Forensic Science International*, 246, pp. 92–97.
- Castiglioni, S., Borsotti, A., Riva, F. and Zuccato, E. (2016), 'Illicit drug consumption estimated by wastewater analysis in different districts of Milan: A case study', *Drug and Alcohol Review* 35, pp. 128–132.
- Castiglioni, S., Thomas, K. V., Kasprzyk-Hordern, B., Vandam, L. and Griffiths, P. (2014), 'Testing wastewater to detect illicit drugs: State of the art, potential and research needs', *Science of the Total Environment* 487, pp. 613–620.
- Castiglioni, S., Bijlsma, L., Covaci A., et al. (2013), 'Evaluation of uncertainties associated with the determination of community drug use through the measurement of sewage drug biomarkers', *Environmental Science and Technology*, 47(3), pp. 1452–1460.



- | Castrignanò, E., Yang, Z., Bade, R., et al. (2018), 'Enantiomeric profiling of chiral illicit drugs in a pan-European study', *Water Research* 130, pp.1511–60.
- | Causanilles, A., Baz-Lomba, J. A., Burgard, D. A., et al. (2017a), 'Improving wastewater-based epidemiology to estimate cannabis use: Focus on the initial aspects of the analytical procedure', *Analytica Chimica Acta* 988, pp. 273–3.
- | Causanilles, A., Kinyua, J., Ruttkies, C., et al. (2017b), 'Qualitative screening for new psychoactive substances in wastewater collected during a city festival using liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry', *Chemosphere* 184, pp. 11861–193.
- | Daughton, C.G. (2001), 'Emerging pollutants, and communicating the science of environmental chemistry and mass spectrometry: pharmaceuticals in the environment', *American Society for Mass Spectrometry*, 12, pp. 1067–1076.
- | Du, P. (2015), 'Methamphetamine and ketamine use in major Chinese cities, a nationwide reconnaissance through sewage-based epidemiology', *Water Research*, Volume 84, pp. 76–84.
- | EMCDDA (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction) (2016a), *European Drug Report: Tends and Developments*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- | EMCDDA (2016b), *Assessing illicit drugs in wastewater: Advances in wastewater-based drug epidemiology*, Insights, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- | EMCDDA and Europol (2016c), *EU Drug Markets Report*, Joint publications, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- | EMCDDA (2017), *European Drug Report: Tends and Developments*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- | Emke, E., Evans, S., Kasprzyk-Hordern, B. and de Voogt, P. (2014), 'Enantiomer profiling of high loads of amphetamine and MDMA in communal sewage: A Dutch perspective', *Science of The Total Environment* 487, pp.6666–72.
- | González-Mariño, I., Gracia-Lor, E., Rousis, N., et al. (2016), 'Wastewater-based epidemiology to monitor synthetic cathinones use in different European countries', *Environmental Science and Technology* 50, pp.10089–10096.
- | Hall, W., Prichard, J., Kirkbride, P., et al. (2012), 'An analysis of ethical issues in using wastewater analysis to monitor illicit drug use', *Addiction*, 107(10), pp. 1767–1773.
- | Kankaanpää, A., Ariniemi, K., Heinonen, M., Kuoppasalmi, K., Gunnar T. (2016), 'Current trends in Finnish drug abuse: Wastewater based epidemiology combined with other national indicators', *Science of the Total Environment*, 568, pp. 864–874.
- | Kasprzyk-Hordern, B., Bijlsma, L., Castiglioni, S., et al. (2014), 'Wastewater-based epidemiology for public health monitoring', *Water and Sewerage Journal*, 4, pp. 25-26.
- | Kinyua, J., Negreira, N., Miserez, B., et al. (2016), 'Qualitative screening of new psychoactive substances in pooled urine samples from Belgium and United Kingdom', *Science of the Total Environment*, 573, pp. 1527–1535.
- | Krizman, I., Senta, I., Ahel, M., Terzic, S. (2016), 'Wastewater-based assessment of regional and temporal consumption patterns of illicit drugs and therapeutic opioids in Croatia', *Science of the Total Environment*, 566-567, pp. 454–462.
- | Krizman-Matasic, I., Kostanjevecki, P., Ahel, M. and Terzic, S. (2018), 'Simultaneous analysis of opioid analgesics and their metabolites in municipal wastewaters and river water by liquid chromatography-tandem mass spectrometry', *Journal of Chromatography A* 19, pp.1021–11.

- | Lai, F.Y., Anuj, S., Bruno, R., et al. (2014), 'Systematic and day-to-day effects of chemical-derived population estimates on wastewater-based drug epidemiology', *Environmental Science and Technology* 49, pp. 999–1008.
- | Löve A. S. C., Baz-Lomba, J. A., Reid, M., et al. (2018), 'Analysis of stimulant drugs in the wastewater of five Nordic capitals', *Science of the Total Environment* 627, pp. 10391–047.
- | Mardal, M., Kinyua, J., Ramin, P., et al. (2017), 'Screening for illicit drugs in pooled human urine and urinated soil samples and studies on the stability of urinary excretion products of cocaine, MDMA, and MDEA in wastewater by hyphenated mass spectrometry techniques', *Drug Testing and Analysis* 9, pp. 1061–14.
- | Mastroianni, N., López-García, E., Postigo, C., et al. (2017), 'Five-year monitoring of 19 illicit and legal substances of abuse at the inlet of a wastewater treatment plant in Barcelona (NE Spain) and estimation of drug consumption patterns and trends', *Science of the Total Environment* 609, pp. 9169–26.
- | Néfau, T., Sannier, O., Hubert, C., Karolak, S., Lévi, Y. (2017), 'Analysis of drugs in sewage: an approach to assess substance use, applied to a prison setting', *Observatoire Français des Drogues et des Toxicomanies*, Paris.
- | Ort, C., van Nuijs A.L.N., Berset J-D, et al. (2014), 'Spatial differences and temporal changes in illicit drug use in Europe quantified by wastewater analysis', *Addiction*, 109, doi: 10.1111/add.12570
- | Prichard, J., Hall, W., de Voogt, P. and Zuccato, E. (2014), 'Sewage epidemiology and illicit drug research: the development of ethical research guidelines', *Science of the Total Environment*, 47(2), pp. 550–555.
- | Prichard, J., Hall, W., Zuccato, E., de Voogt, P., Voulvoulis, N., Kummerer, K., Kasprzyk-Hordern, B. et al. (2016), 'Ethical research guidelines for wastewater-based epidemiology and related fields': [www.emcdda.europa.eu/activities/wastewater-analysis](http://www.emcdda.europa.eu/activities/wastewater-analysis).
- | Reid, M. J., Langford, K. H., Grung, M., et al. (2012), 'Estimation of cocaine consumption in the community: a critical comparison of the results from three complimentary techniques', *BMJ Open*, 2(6).
- | Reid, M. J., Baz-Lomba, J. A., Ryu, Y. and Thomas, K. V. (2014), 'Using biomarkers in wastewater to monitor community drug use: a conceptual approach for dealing with new psychoactive substances', *Science of The Total Environment* 487, pp. 651–658.
- | Rodríguez-Álvarez, T., Racamonde, I., González-Mariño, I., et al. (2015), 'Alcohol and cocaine co-consumption in two European cities assessed by wastewater analysis', *Science of the Total Environment* 536, pp. 91–98.
- | Senta, I., Gracia-Lor, M., Borsotti, A., et al. (2015), 'Wastewater analysis to monitor use of caffeine and nicotine and evaluation of their metabolites as biomarkers for population size assessment', *Water Research* 74, pp. 23–33.
- | Thomaidis, N., Gago-Ferrero, P., Ort, C., et al. (2016), 'Reflection of socioeconomic changes in wastewater: licit and illicit drug use patterns', *Environmental Science & Technology* 50, 18 pp. 100651–0072.
- | Thomas, K. V., Bijlsma, L., Castiglioni, S., et al. (2012), 'Comparing illicit drugs use in 19 European cities through sewage analysis', *Science of the Total Environment*, 432, pp. 432–439.
- | Thomas, K. V., Amador, A., Baz-Lomba, J. A. and Reid, M. (2017), 'Use of mobile device data to better estimate dynamic population size for wastewater-based epidemiology', *Environmental Science and Technology* 51, 19, pp. 113631–1370.
- | Tossmann, P., Boldt, S. and Tensil, M.-D. (2001), 'The use of drugs within the techno party scene in European metropolitan cities', *European Addiction Research*, 7(1), pp. 2–23.

- | Tschärke, B. J., Chen, C., Gerber, J. P., White, J. M. (2015), Trends in stimulant use in Australia: A comparison of wastewater analysis and population surveys', *Science of the Total Environment*, 536, pp. 331–337.
- | Van Nuijs, A., Mougèl, J.-F., Tarcomnicu, I., et al. (2011), 'Sewage epidemiology: a real-time approach to estimate the consumption of illicit drugs in Brussels, Belgium', *Environment International*, 27, pp. 612–621.
- | van Wel, J., Kinyua, J., van Nuijs, A., van Hal, G., Covaci, A. (2015), 'Methodological considerations for combining wastewater-based epidemiology with survey research', *Archives of Public Health*, 73, Suppl. 1, p. 29.
- | van Wel, J. H. P., Kinyua, J., van Nuis, A. L. N., et al. (2016a), 'A comparison between wastewater-based drug data and an illicit drug use survey in a selected community', *International Journal of Drug Policy*, 34, pp. 20–26.
- | van Wel, J. H. P., Gracia-Lor, E., van Nuijs, A. L. N., et al. (2016b), 'Investigation of agreement between wastewater-based epidemiology and survey data on alcohol and nicotine use in a community', *Drug and Alcohol Dependence* 162, pp. 170–175.
- | Yang, Z., Anglès d'Auriac, M., Goggins, S., et al. (2015) 'A novel DNA biosensor using a ferrocenyl intercalator applied to the potential detection of human population biomarkers in wastewater', *Environmental Science and Technology* 49(9), pp. 5609–5617.
- | Zuccato, E., Chiabrando, C., Castiglioni, S., Bagnati, R. and Fanelli, R. (2008), 'Estimating community drug abuse by wastewater analysis', *Environmental Health Perspectives*, 116(8), pp. 1027–1032.
- | Zuccato, E., Castiglioni, S., Senta, I., et al. (2016), 'Population surveys compared with wastewater analysis for monitoring illicit drug consumption in Italy in 2010–2014', *Drug and Alcohol Dependence* 161, pp 178–188.
- | Zuccato, E., Gracia-Lor, E., Rousis, N. I., Parabiaghi, A., Senta, I., Riva, F. and Castiglioni S. (2017), 'Illicit drug consumption in school populations measured by wastewater analysis', *Drug and Alcohol Dependence* 178, pp.2852–90.