

## **AMoCan**

**Abwasserbasiertes Begleit-Monitoring im Rahmen der  
Einführung des Cannabisgesetzes in Deutschland**

### **Abschlussbericht**

über das unter dem FKZ: ZMII2-2523DSM208

vom Bundesministerium für Gesundheit

geförderte Forschungsprojekt

Dresden, 11. Januar 2025

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Gesundheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Ansprechpartner und Kontaktdaten:**

<b>Verantwortlichkeit</b>	<b>Name</b>	<b>Telefon, E-Mail</b>
Projektleitung	Prof. Dr. Peter Krebs	0351-463-35257, peter.krebs@tu-dresden.de
Stellv. Projektleitung	Prof. Dr. med. Bertold Renner	0351-458-11679 bertold.renner@tu-dresden.de
Projektmitarbeitende	Dr. Reinhard Oertel	0351-458-14534 reinhard.oertel@tu-dresden.de
	Dipl.-Ing., Dipl.-Hydrol. Björn Helm	0351-463-34616 bjoern.helm@tu-dresden.de
	M.Sc. Robin Mayer	0351-463-36908 robin.mayer@tu-dresden.de
	Nancy Engel	0351-458-14554 nancy.engel@tu-dresden.de

**Projektlaufzeit:** 01.11.2023 - 30.04.2024

**Beantragte Fördermittel:** 56805 Euro

**Verwendete Fördermittel:** 39912 Euro

## **Inhalt**

Zusammenfassung.....	1
Einleitung.....	2
Erhebungs- und Auswertungsmethodik .....	4
Durchführung, Arbeits- und Zeitplan .....	7
Ergebnisse .....	9
Gender Mainstreaming Aspekte .....	14
Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung .....	15
Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse .....	15
Verwertung der Projektergebnisse (Nachhaltigkeit / Transferpotential).....	15

## Zusammenfassung

Im Projekt wurde ein Baseline-Monitoring von Drogenrückständen im Abwasser zur Bewertung der Auswirkungen des veränderten Rechtsstatus von Cannabis auf den Konsum von Drogen etabliert und durchgeführt. Das Ziel war es erstmals Deutschlandweit die Situation zum Cannabiskonsum über die Methodik der Abwasser-basierten Epidemiologie zu erfassen. Der Untersuchungszeitraum wurde dabei so gewählt, dass die Situation vor Einführung von Cannabisgesetz und Konsumcannabisgesetz erfasst wurden. Zusätzlich zum Cannabis-Marker Tetrahydrocannabinol-Carbonsäure wurden auch Rückstände der Substanzen Kokain, Heroin, Methamphetamin, Amphetamin, MDMA (Ecstasy), Ketamin und Nikotin analysiert. Damit soll ein umfassendes Bild auf den Rauschmittelkonsum entstehen und Indizien auf Verhaltensänderungen beim multiplen Substanzkonsum (Co-Konsum, Ausweichen auf andere Substanzen) deutlich werden. Auf die Alkoholanalyse wurde aus Kostengründen verzichtet. Die Analyse von Ethylsulfat erfordert eine spezifische Probenvorbereitung und einen zusätzlichen LC/MS/MS-Lauf, d.h. die Analysekosten würden um ca. 70 % steigen.

Schwerpunkte in der Bearbeitung lagen in der Auswahl und Kontaktaufnahme der Untersuchungsstandorte, Etablierung des Monitorings, Datenerfassung auswertungsrelevanter Gebietskenngrößen, Koordinierung von Probenentnahme und -logistik, laboranalytische Untersuchung von Drogenrückständen, Rückrechnung und Auswertung einwohnerspezifischer Frachten und Konsumeinheiten. Die Proben werden für zwei Jahre asserviert, die Analysen und Auswertungen wurden in einer Datenbank bereitgestellt und die Vorgehensweise und Ergebnisse in einem Bericht zusammengefasst.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Konsum von Cannabis vor Gesetzezeseinführung relativ homogen und hoch im Vergleich zu anderen europäischen Standorten ist. Die uneinheitlichen, größtenteils nicht signifikanten Trends in der Untersuchungsphase sind ein Indiz, dass keine systematische Veränderung im Konsumverhalten in Erwartung der Gesetzezeseinführung aufgetreten ist. Die Ergebnisse können damit als Baseline Erhebung herangezogen werden.

Auf Grundlage der Ergebnisse empfehlen die Bearbeiter eine Fortführung der Untersuchung für einen Zeitraum von drei Jahren. Zusätzlich zu den berücksichtigten Standorten sollten wenige Orte in geographisch unterrepräsentierten Gebieten und mit kleinerer Einwohnerzahl Berücksichtigung finden.

## Einleitung

Die Entkriminalisierung des privaten und nichtgewerblichen Anbaus, Besitzes und Konsums von Cannabis stellt eine grundlegende Änderung im Umgang mit diesem Rauschmittel dar, deren Auswirkungen auf das Konsumverhalten schwer vorherzusehen ist.

Etablierte Erhebungsmethoden schätzen die Verbreitung des Konsums illegaler Substanzen nur mit begrenzter Verlässlichkeit ein. Zoll- und Strafverfolgungsbehörden ermitteln Verstöße gegen das Betäubungsmittelrecht. Monitoring zur Inanspruchnahme von Suchthilfeangeboten erfasst lediglich Nutzer mit problematischen Konsumfolgen. Werden Konsummuster und Fallzahlen über repräsentative Umfragen ermittelt, ist eine Reihe von Einflussfaktoren bekannt, die zu systematischen Abweichungen<sup>1</sup> und möglichen Fehlinterpretationen<sup>2</sup> führen können. Um valide Erkenntnisse zur Verbreitung von Substanzen mit vergleichsweise geringen Konsumprävalenzen zu erzielen, sind sehr große Stichproben und entsprechend kostenintensive Studien notwendig. Dabei muss teilweise von falschen Angaben aufgrund von sozialer Erwünschtheit und Angst vor Stigmatisierung und Strafverfolgung ausgegangen werden. Auch werden regionale Unterschiede nicht ausreichend registriert<sup>3</sup>. Ein Rückschluss auf den tatsächlichen Drogenkonsum ist auf der Basis dieser Daten nur mit Unsicherheiten und Einschränkungen möglich.

Beispielsweise fehlten lange belastbare Nachweise zur Verbreitung des Crystal Meth Konsums in Deutschland. Befragungen von ehemaligen Konsumenten in der Therapie und Suchthilfe wiesen in bestimmten Regionen zwar schon seit über einem Jahrzehnt auf hochriskanten Konsum hin, aber dennoch ging die Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht noch 2013 davon aus, dass es sich beim Methamphetamin-Konsum in Deutschland um ein begrenztes Phänomen unter Partydrogen-Konsumenten handele (EMCDDA 2013, S. 5<sup>4</sup>). Dies kann

---

<sup>1</sup> Cunradi, C. B., Moore, R., Killoran, M., & Ames, G. (2005). Survey nonresponse bias among young adults: the role of alcohol, tobacco, and drugs. *Substance use & misuse*, 40(2), 171-185.

<sup>2</sup> Blattman, C., Jamison, J., Koroknay-Palicz, T., Rodrigues, K., & Sheridan, M. (2016). Measuring the measurement error: A method to qualitatively validate survey data. *Journal of Development Economics*, 120, 99-112

<sup>3</sup> Rilke, Olaf. 2018. 'Sucht 2017 - Bericht Der Suchtkrankenhilfe in Sachsen'. Sächsische Landesstelle gegen die Suchtgefahren. <https://www.slsev.de/fileadmin/dokumente/sucht/Sucht2017.pdf>

<sup>4</sup> EUROPEAN MONITORING CENTRE FOR DRUGS AND DRUG ADDICTION 2013. Europäischer Drogenbericht, url: <http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/964/TDAT13001DEN1.pdf>, besucht am: 02.06.2016

unter anderem daran liegen, dass nur Konsumenten erfasst wurden, die bereits im suchtbezogenen Hilfesystem angekommen waren.

Die Abwasser-basierte Epidemiologie (ABE) bietet für diese Problemstellung einen aussichtsreichen Untersuchungsansatz. Dabei werden im Abwasser die Konzentrationen von Stoffen oder Pathogenen bestimmt, um auf ihre Verbreitung im Entwässerungsgebiet zurückzuschließen. Die Beprobung erfasst alle Personen, die an die Abwasserentsorgung angeschlossen sind, und unterliegt somit nicht den beschriebenen Selektivitätsproblemen. Für die Berechnung des Drogenkonsums auf der Grundlage von Abwasserdaten schlagen Castiglioni et al. (2016)<sup>5</sup> ein formalisiertes Vorgehen vor. Die einzelnen Auswertungsschritte und enthaltenen Informationen sind dabei in Abbildung 1 zusammengefasst.

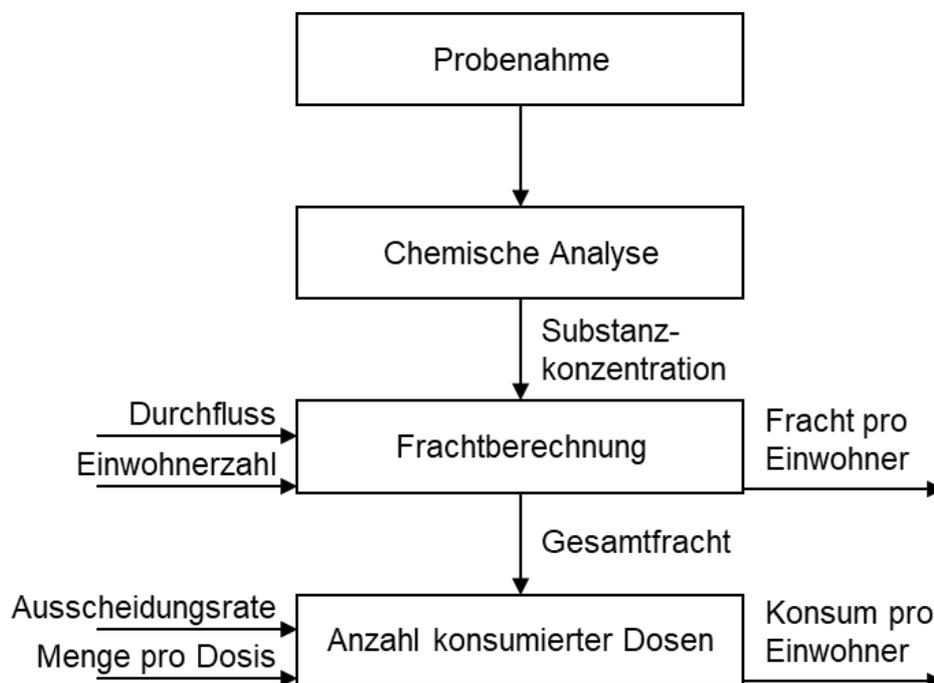


Abbildung 1 Schema der Vorgehensweise bei der Bestimmung von Substanzkonsum aus Abwassermessungen

<sup>5</sup> Castiglioni, Sara, Lubertus Bijlsma, Adrian Covaci, Erik Emke, Christopher Harman, Félix Hernández et al. 2016. Estimating Community Drug Use through Wastewater-Based Epidemiology. In *Assessing Illicit Drugs in Wastewater*, edited by Sara Castiglioni, 17–33. Publications Office of the European Union.

Die ABE hat sich als Methode etabliert, um zeitliche und räumliche Unterschiede in der Prävalenz und Intensität von u.a. Substanzkonsum<sup>6</sup> und Krankheiten<sup>7</sup> zu überwachen. Der Untersuchungsansatz eignet sich auch um die Auswirkung von Maßnahmen und Interventionen zu bewerten. Beispielsweise existieren zahlreiche Auswertungen zum veränderten Rauschmittelkonsum im Rahmen der Corona-Epidemie<sup>8</sup>. Kanada<sup>9</sup> und der US-Bundesstaat Washington<sup>10</sup> nutzten den Ansatz zur Bewertung der Konsumveränderung während der Cannabis Legalisierung.

Die Sewage Analysis CORe group Europe (SCORE) untersucht seit 2011 das Vorkommen von Drogenrückständen im Abwasser in jährlichen pan-Europäischen Messkampagnen. Die TU Dresden koordiniert dabei die Analyse an den deutschen Standorten. Aktuell sind die Ergebnisse für das Jahr 2023 veröffentlicht<sup>11</sup>.

## Erhebungs- und Auswertungsmethodik

### Auswahl der Standorte:

In Deutschland sind über 97% der Bevölkerung an die öffentliche Abwasserentsorgung angeschlossen. Von den knapp 9000 kommunalen Kläranlagen behandeln die 20 größten bereits das Abwasser von mehr als 25% der Bevölkerung; die 100 größten erfassen mehr als die Hälfte der Bevölkerung. Aus früheren Untersuchungen bestehen bei dem Antragsteller Kooperationen mit über 50 Kläranlagen in allen 16 Bundesländern. Die Auswahl der Standorte für die Probenahme erfolgte in Abstimmung und mit Unterstützung des BMG, dabei wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

---

<sup>6</sup> Boogaerts, T., Covaci, A., Kinyua, J., Neels, H., & van Nuijs, A. L. (2016). Spatial and temporal trends in alcohol consumption in Belgian cities: A wastewater-based approach. *Drug and Alcohol Dependence*, 160, 170-176.

<sup>7</sup> Helm, B., Geissler, M., Mayer, R., Schubert, S., Oertel, R., Dumke, R., et al. (2023). Regional and temporal differences in the relation between SARS-CoV-2 biomarkers in wastewater and estimated infection prevalence—insights from long-term surveillance. *Science of the Total Environment*, 857, 159358.

<sup>8</sup> Oertel, R., Schubert, S., Helm, B., Mayer, R., Dumke, R., El-Armouche, A., & Renner, B. (2023). Drug consumption in German cities and municipalities during the COVID-19 lockdown: a wastewater analysis. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 396(5), 1061-1074.

<sup>9</sup> Werschler, T. & Brennan, A. (2019). Wastewater-based Estimates of Cannabis and Drug Use in Canada: Pilot test Detailed Results <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2019004-eng.pdf>

<sup>10</sup> Burgard, D. A., Williams, J., Westerman, D., Rushing, R., Carpenter, R., LaRock, A., Sadetsky, J., Clarke, J., Fryhle, H., Pellman, M., & Banta-Green, C. J. (2019). Using wastewater-based analysis to monitor the effects of legalized retail sales on cannabis consumption in Washington State, USA. *Addiction (Abingdon, England)*, 114(9), 1582–1590. <https://doi.org/10.1111/add.14641>

<sup>11</sup> [https://www.euda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis\\_en](https://www.euda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en), besucht am 19.08.2024

- Größtmöglicher Anteil der Bevölkerung erfasst
- Breite geographische Abdeckung / Berücksichtigung vieler Bundesländer
- Unterschiede zwischen Großstädten, Kleinstädten und ländlichem Raum

Das Ziel bei Beantragung war 30 Standorte zu berücksichtigen.

### **Probenahme:**

In den bisherigen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass eine wöchentliche Beprobung an zwei Tagen geeignet ist, um Unterschiede zwischen Werktagen und Wochenenden, Ereignis-bezogene, saisonale und langfristige Effekte zu berücksichtigen. Die Proben wurden als Tagesmischproben, bevorzugt an Trockenwettertagen von den Abwasserbetrieben entnommen, tiefgekühlt gelagert und im Expressversand an das Labor versendet. Im Rahmen der ersten Untersuchungsphase sollte zunächst der Zustand vor Einführung des Cannabisgesetzes erfasst werden. Entsprechend wurde eine Beprobung im Zeitraum November bis März konzipiert. Dabei wurden in 13 Wochen 26 Proben pro Standort entnommen, versendet und konserviert. Die Proben werden für 2 Jahre bei  $-18^{\circ}\text{C}$  tiefgefroren asserviert und können nach Anforderung re-analysiert oder zur Verfügung gestellt werden. Dabei wurden die Proben in 5 Aliquote von jeweils 50 ml aufgeteilt um wiederholte Untersuchungen zu ermöglichen. Die Gebietseigenschaften und Probenahme-Bedingungen der Untersuchungsstandorte wurden über Fragebögen erfasst und in die Auswertung einbezogen.

### **Analytik:**

Ein Hauptwirkstoff von Cannabis ist Tetrahydrocannabinol (THC). THC ist im Urin von Konsumenten praktisch nicht nachweisbar und somit auch nicht im Abwasser zu erwarten. Im Urin und im Abwasser wird das Abbauprodukt THC-COOH (THC-Carbonsäure) gemessen. Zusätzlich werden Ausscheidungen der Substanzen Kokain, Heroin, Methamphetamin, Amphetamin und MDMA (Ecstasy) und Nikotin analysiert werden. Dabei kommt ein Verfahren der Hochleistungschromatographie mit anschließender Tandem-Massenspektroskopie (LC/MS/MS) zum Einsatz. Die Quantifizierung der Drogen-Wirkstoffe erfolgt durch den Vergleich mit Referenzsubstanzen, die mit stabilen Isotopen markiert wurden. Diese Methode ist für

die Anwendung in Abwasserproben etabliert und validiert<sup>121314</sup>. Weitere pharmazeutische (Metoprolol, Carbamazepin, Gabapentin) und abwassertechnische (Sauerstoffbedarf, Gesamtstickstoff, Gesamtphosphor) Substanzen dienen zur Validierung der Proben<sup>8</sup>. Von den gewonnenen Proben wurden zunächst 10 Proben pro Standort analysiert um regionale und zeitliche Unterschiede zu bewerten.

### **Auswertung:**

Für die Auswertung und den Vergleich von Substanzprävalenzen hat sich eine Umrechnung der Abwasserkonzentrationen in normalisierte Mengen pro Einwohner etabliert. Zusätzlich wurden die von den Kläranlagenbetreibern angegebenen Einwohnerzahlen über die Frachten von Abwasserkennwerten validiert.

Die erste Untersuchungsphase diente der Bewertung des Zustandes vor Einführung des Cannabisgesetzes. Neben der Berechnung der Mittelwerte und Streubreiten der Ergebnisse erfolgte eine Trendanalyse mit dem Mann-Kendall-Test. Auf dieser Grundlage sollte einerseits die Höhe und räumliche Homogenität des Cannabiskonsums detektiert werden, andererseits sollte das Vorhandensein von zeitlichen Veränderungen, bereits vor Einführung des CanG bewertet werden. Berücksichtigt werden soll auch, dass mit Inkrafttreten des Gesetzes nicht sofort legal angebautes Cannabis und entsprechende Clubs existieren und deshalb ein längerer Beobachtungszeitraum sinnvoll ist. Über eine Korrelationsanalyse wurden Zusammenhänge zwischen den Cannabis und den anderen untersuchten Rauschmitteln erfasst.

---

<sup>12</sup> Gurke, R., Rößler, M., Marx, C., Diamond, S., Schubert, S., Oertel, R., & Fauler, J. (2015). Occurrence and removal of frequently prescribed pharmaceuticals and corresponding metabolites in wastewater of a sewage treatment plant. *Science of the Total Environment*, 532, 762-770.

<sup>13</sup> Rossmann, J., Schubert, S., Gurke, R., Oertel, R., & Kirch, W. (2014). Simultaneous determination of most prescribed antibiotics in multiple urban wastewater by SPE-LC-MS/MS. *Journal of Chromatography B*, 969, 162-170.

<sup>14</sup> González-Mariño, I., Baz-Lomba, J. A., Alygizakis, N. A., Andrés-Costa, M. J., Bade, R., Bannwarth, A., ... & Ort, C. (2020). Spatio-temporal assessment of illicit drug use at large scale: evidence from 7 years of international wastewater monitoring. *Addiction*, 115(1), 109-120.

## Durchführung, Arbeits- und Zeitplan

Der Zeitplan für die Durchführung des Projekts ist in Tabelle 1 dargestellt. In Abweichung zum Antrag ergaben sich Verzögerungen bei der Akquise von Standorten. Auf Grund von Personalengpässen und organisatorischen Schwierigkeiten, konnten einige Standorte erst ab Januar 2024 mit der Probenahme beginnen. Für einige Standorte waren auch wiederholte Versuche zur Akquise für eine Teilnahme nicht erfolgreich. Teilweise wurde der personelle Mehraufwand als wirtschaftlich nicht vertretbar eingeschätzt, teilweise unterblieb eine Zustimmung zur Teilnahme bei den kommunalen Gesundheits- und Präventionsbehörden.

Tabelle 1 Zeitplan für die Durchführung des Projekts

Monat	Nov 2023	Dez 2023	Jan 2024	Feb 2024	Mär 2024	Apr 2024
Standorte						
Probenahme						
Analytik						
Auswertung						
Dokumentation						

Im Rahmen der Beantragung wurden sieben Ziele mit quantifizierbaren Indikatoren vereinbart. Diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Auf Grund der oben beschriebenen Schwierigkeiten bei der Standortakquise, konnten am Ende 24 Standorte in die Untersuchung einbezogen werden. Für spät startende Standorte wurden dabei auch nicht in allen Fällen die angestrebten Probenumfänge erreicht werden. Dennoch wurden alle Ziele zu über 80% erreicht.

Tabelle 2 Übersicht über Ziele und Indikatoren der Zielerreichung des Projekts

<b>Ziel(e):</b>	<b>Indikatoren der Zielerreichung</b>	<b>Grad der Zielerreichung</b>
Akquise von 30 Standorten für ein Abwasser-basiertes Begleitmonitoring	Anzahl der Standorte, die an dem Monitoring teilnehmen: planmäßig 30	Teilnahme von 24 Standorten (80 % Zielerreichung)
Erhebung von Auswertungsrelevanten Kenngrößen der Untersuchungsstandorte	Zusammenfassung der Standort-Kenngrößen in einer Datenbank	Vollständig für die teilnehmenden Standorte (100% Zielerreichung)
Entnahme, Aufbereitung und Asservierung von 26 Abwasserproben pro Standort	Probendatenbank mit 780 Einzelproben	Probendatenbank mit 552 Einzelproben in 5 Replikaten (85% Zielerreichung)
Laboranalytische Untersuchung von 10 Proben pro Standort auf Rückstände von THC und anderen Drogen	Datenbank der Stoffkonzentrationen für 300 Einzelproben	Datenbank mit Stoffkonzentrationen für 226 Einzelproben (94% Zielerreichung)
Auswertung der Untersuchungsergebnisse: Berechnung von einwohnerspezifischen Frachten und Konsumeinheiten,	Datenbank mit standortspezifischen Auswertungsergebnissen	Vollständig für die laboranalytisch untersuchten Einzelproben (100% Zielerreichung)
Ableitung von Handlungsempfehlungen für ein langfristiges (2-5 Jahre) Monitoring während und nach der Einführungsphase des Cannabisgesetzes	Übergabe der Handlungsempfehlungen nach Ende der Förderperiode	Vorab im Rahmen einer Ergebnispräsentation am 06.08.2024 Abschlussbericht (100% Zielerreichung)
Dokumentation der Vorgehensweise und Ergebnisse in einem Bericht	Übergabe des Forschungsberichts nach Ende der Förderperiode	Abschlussbericht (100% Zielerreichung)

## Ergebnisse

### Auswahl der Standorte:

Für die Studie wurden 44 Entwässerungsbetriebe kontaktiert. An 36 Standorte wurden die Informationen zu Teilnahmebedingungen versendet, von denen sich 24 für eine Teilnahme an der Studie entschieden. Die Standorte befinden sich in 17 Städten (teilweise weisen Städte mehrere Kläranlagen auf) und erfassen 9,8 Mio. Einwohner. Sie sind über das gesamte Bundesgebiet verteilt, mit Ausnahme von Berlin, Bremen und Schleswig-Holstein sind alle Bundesländer berücksichtigt. Eine Karte mit der Verteilung der Städte ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Charakteristika der Standorte, insbesondere Einwohnerzahlen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

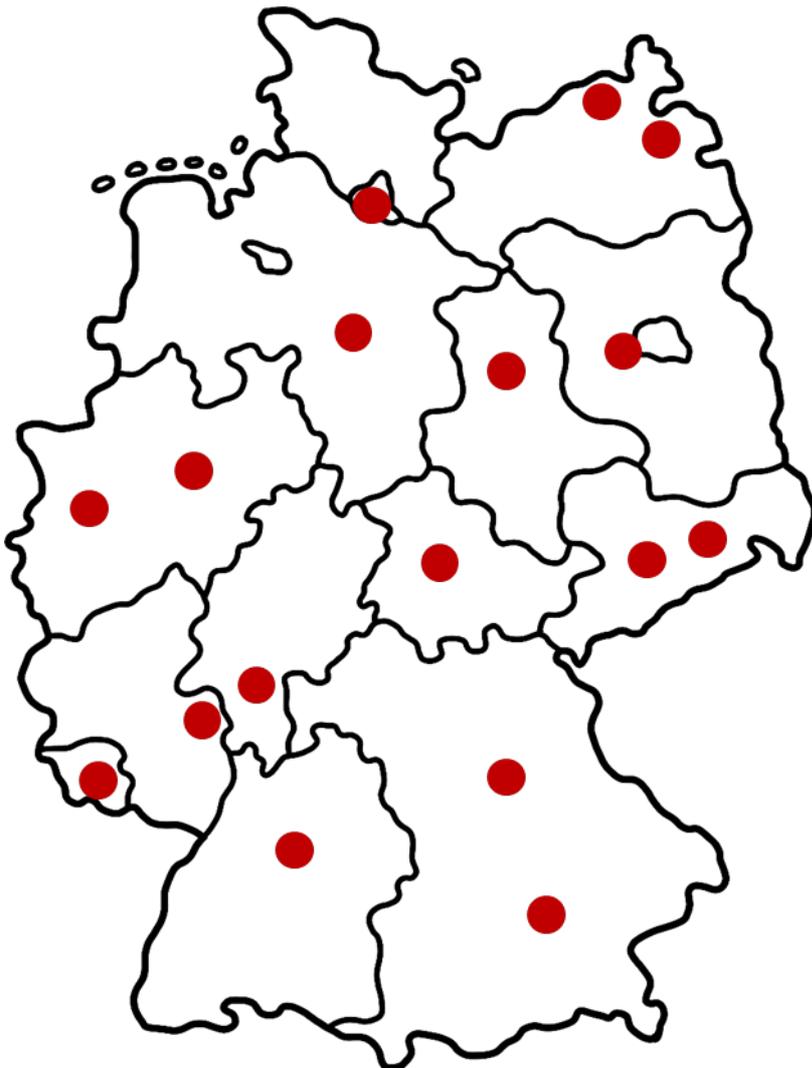


Abbildung 2 Übersicht über die geographische Verteilung der an der Untersuchung teilnehmenden Städte

## Probenahme:

Die Probenahme fand im Zeitraum vom 11.12.2023 - 16.04.2024 statt. Dabei stammen 142 der analysierten 179 Proben, oder 79%, aus den Monaten Januar bis März 2004 und damit aus dem Zeitraum unmittelbar vor Gesetzeseinführung. Die vier rückgestellten Replikate der Proben sind bei -18 °C eingelagert. Die Dokumentation der Proben ist im digitalen Anhang zusammengefasst.

Tabelle 3 Standorte, Einwohnerzahlen und Angaben zur Probenahme an den Untersuchungsstandorten.

Standort	Bundesland	Hauptort	(Anteil) Einwohner Hauptort	Einwohner andere Orte	Zeitraum Probenahme	Anzahl Proben entnommen / analysiert
Che Heinersdf.	SN	Chemnitz	240000	11000	02.01.24-30.03.24	32/10
Dor Deusen	NW	Dortmund	404000		08.01.24-20.03.24	26/10
Dre Kaditz	SN	Dresden	541000	141000	03.01.24-10.03.24	24/10
Erf Kühnhausen	TH	Erfurt	214000		13.12.23-10.03.24	31/10
Fra Griesheim	HE	Frankfurt a. M.	488000	41000	23.01.24-13.04.24	19/10
Fra Niederrad	HE	Frankfurt a. M.	157000	188000	03.02.24-16.04.24	16/9
Fra Sindlingen	HE	Frankfurt a. M.	125000	160000	23.01.24-16.04.24	18/10
Gre Labedow	MV	Greifswald	60000		14.01.24-11.04.24	14/10
Ham Nord	HH	Hamburg	532000		13.01.24-19.03.24	14/10
Ham Süd	HH	Hamburg	136300	240000	13.01.24-19.03.24	14/10
Han Gümmerw.	NS	Hannover	249000	99000	15.01.24-11.04.24	23/10
Han Herrenh.	NS	Hannover	316000	128000	15.01.24-11.04.24	23/10
Köl Stammheim	NW	Köln	859000		08.01.24-08.04.24	11/10
Mag Gerwisch	SA	Magdeburg	240000	41000	11.12.23-09.03.24	34/10
Mainz	RP	Mainz	223000		25.12.23-20.03.24	28/10
Mün Großlap.	BY	München	979000	192000	11.12.23-05.02.24	26/10
Mün Marienhof	BY	München	624 000	49000	22.01.24-01.04.24	13/7
Nür Klärwerk 1	BY	Nürnberg	385000	61000	15.12.23-09.03.24	26/10
Nür Klärwerk 2	BY	Nürnberg	141000		15.12.23-09.03.24	26/10
Pot Nord	BB	Potsdam	122000		14.01.24-26.02.24	26/10
Rostock	MV	Rostock	181000	59000	29.02.24-22.04.24	28/10
Saa Burbach	SL	Saarbrücken	123000		18.12.23-23.03.24	29/10
Stu Mühlhaus.	BW	Stuttgart	516000	135000	13.12.23-10.03.24	20/10

## Analytik:

Eine Methode zur Bestimmung des Metaboliten THC-COOH wurde im Labor etabliert. Die Nachweisgrenze liegt bei 20 ng/L. Die Ausscheidungsprodukte der Substanzen Kokain, Heroin, Methamphetamin, Amphetamin und MDMA (Ecstasy) und Nikotin werden mit der gleichen Methode und gleicher Nachweisgrenze analysiert. Die verwendete LC/MS/MS-Methode ist für die Untersuchung der vorhandenen Abwasserproben geeignet, in allen Proben war THC-COOH nachweisbar. Alle bisher untersuchten Substanzen waren über einen Zeitraum von 2 Jahren stabil, wenn die Proben bei unter -18°C gelagert wurden. Bei THC-COOH trat bereits nach 3 Monaten eine Konzentrationsabnahme um mehr als 20% bei entsprechender Lagerung auf. Auf Grund dieser Instabilität sollten die Proben zeitnah gemessen werden. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Datenbank der Stoffkonzentrationen im digitalen Anhang zusammengefasst.

## Auswertung:

Wie einleitend dargestellt, werden die gemessenen Konzentrationen in tägliche Frachten umgerechnet und über die Einwohnerzahlen normiert. Damit sind die Ergebnisse an Standorten mit unterschiedlicher Größe und Abwasserzusammensetzung miteinander vergleichbar und konsistent mit den Ergebnissen die in der Europaweiten SCORE-Studie.

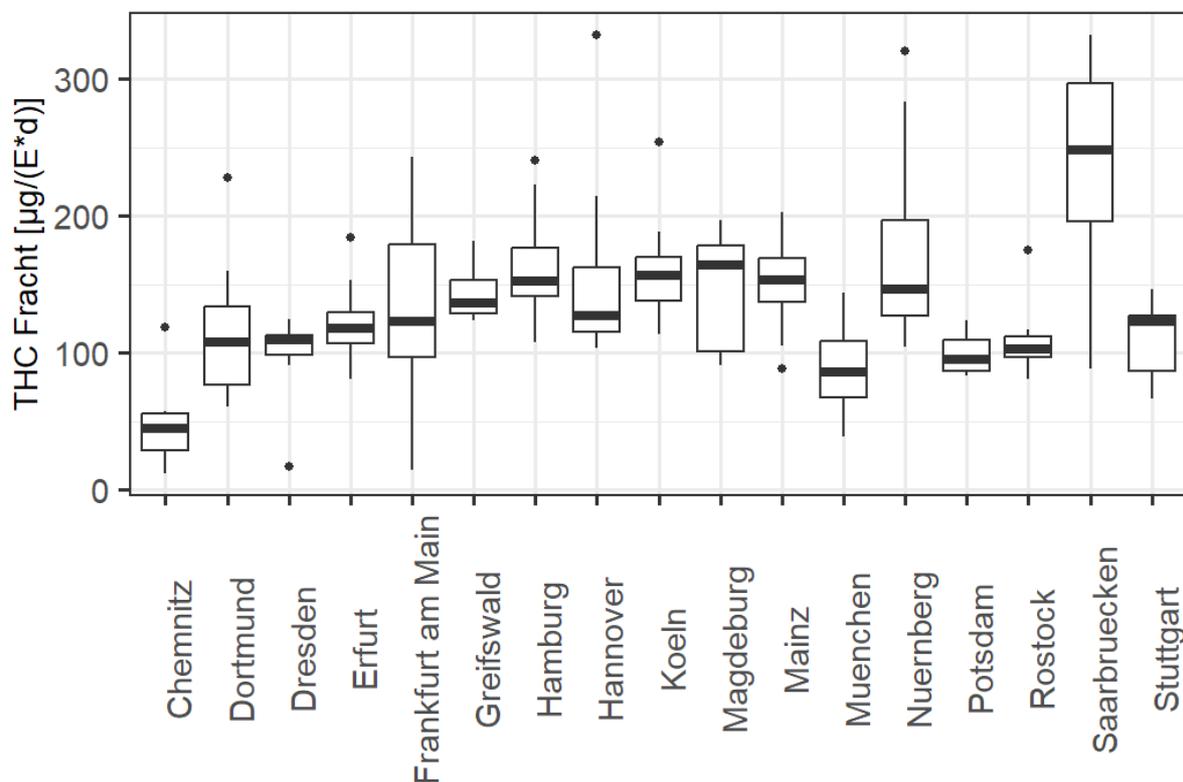


Abbildung 3 Boxplots der einwohnerspezifischen Frachten in den teilnehmenden Städten

Im Rahmen der Untersuchung wurden erstmals Deutschlandweit die einwohnerspezifischen Mengen von THC-COOH im Abwasser untersucht. Abbildung 3 stellt die Häufigkeitsverteilung der ermittelten Frachten in Form von Boxplots dar. Die Kästen symbolisieren dabei die 25- und 75-Perzentile der Messung, der Querbalken zeigt den Mittelwert an und Punkte symbolisieren Werte die außerhalb der doppelten Standardabweichung liegen. Die Frachten liegen im Mittel aller Standorte bei 135 µg je Einwohner und Tag. Die Mittelwerte je Standort liegen zwischen 46 µg je Einwohner und Tag in Chemnitz und 238 µg je Einwohner und Tag in Saarbrücken. Die Frachten der meisten Standorte liegen im Bereich zwischen 100 und 200 µg je Einwohner und Tag. Damit weist THC ein vergleichsweise homogenes Aufkommen in Deutschland auf.

Verglichen mit den Europaweiten Untersuchungen im Rahmen der SCORE Studie<sup>15</sup> im Jahr 2023, lagen die deutschen Standorte damit im oberen Bereich. Standorte in den Niederlanden wiesen durchschnittlich höhere Werte auf, einwohnerspezifische Frachten in Frankreich, Portugal, Spanien, Luxemburg und der Schweiz lagen auf einem ähnlichen Niveau.

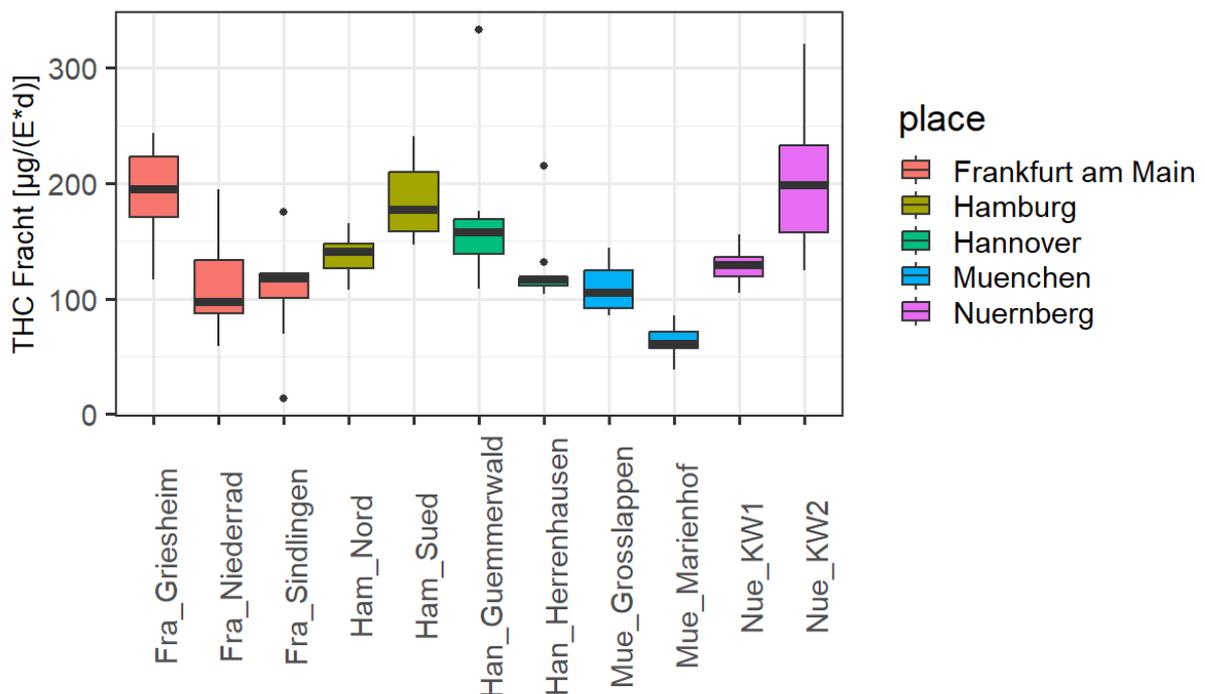


Abbildung 4 Boxplots der einwohnerspezifischen Frachten für Städte mit mehreren Untersuchungsstandorten

<sup>15</sup> [https://www.euda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis\\_en](https://www.euda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en), besucht am 19.08.2024

Der Vergleich von Standorten die innerhalb der gleichen Städte liegen, weist dagegen relativ große lokale Unterschiede nach. In Abbildung 4 sind die Untersuchungen für Frankfurt am Main, Hamburg, Hannover, München und Nürnberg zusammengefasst. Die Varianz der Mittelwerte je Stadt ist dabei ähnlich hoch wie im Vergleich der deutschlandweiten Städte. Frankfurt am Main und Nürnberg haben die größten Unterschiede. Dabei ist auffällig, dass die Standorte mit hohen Frachten (Frankfurt Grießheim, Nürnberg Klärwerk 2) jeweils einen geringeren Anteil an angeschlossenen Einwohnern aus dem Umland haben (vgl. Tabelle 3), als die Standorte mit den geringeren Frachten.

Der zeitliche Trend der THC-Frachten wurde mit dem Mann-Kendall-Test überprüft. Dabei ergab sich kein einheitliches Bild im Vergleich der Standorte. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse zusammen, dabei beschreibt der Parameter  $\tau$  die Stärke und Vorzeichen des monotonen Anstiegs, der p-Wert ist der Signifikanzwert für das Vorhandensein eines Anstiegs. In sieben Städten wurde ein positiver Trend ( $\tau > 0,2$ ) detektiert. Dieser ist jedoch nur für drei Städte: Dortmund, Rostock und Saarbrücken statistisch signifikant ( $p \leq 0,1$ ). 8 Städte weisen keinen Trend ( $-0,2 \leq \tau \leq 0,2$ ) auf, während zwei Städte einen negativen zeitlichen Verlauf ( $\tau < -0,2$ ) der Frachten zeigen. Dieser ist für München statistisch signifikant.

Tabelle 4 Ergebnisse des Mann-Kendall-Test für den Nachweis von Trends in Zeitreihen

Stadt	$\tau$	p-Wert
Chemnitz	0,244	0,371
Dresden	-0,022	1
Dortmund	0,644	0,012
Erfurt	0,289	0,283
Frankfurt am Main	-0,260	0,236
Greifswald	-0,066	0,858
Hamburg	-0,005	1
Hannover	0,219	0,193
Köln	-0,066	0,858
Magdeburg	0,200	0,474
Mainz	0,022	1
München	-0,456	0,011
Nürnberg	0,159	0,346
Potsdam	-0,02	1
Rostock	0,556	0,031
Saarbrücken	0,422	0,094
Stuttgart	0,244	0,371

Die Assoziation im Konsum zwischen verschiedenen Rauschmitteln wurde über die Spearman-Rangkorrelation quantifiziert. Die Korrelationskoeffizienten, über alle Standorte zusammengefasst, finden sich in Tabelle 5. Für die meisten Stoffkombinationen bestehen moderat positive korrelative Zusammenhänge ( $|0,3| \leq r_{\text{Spearman}} < |0,6|$ ), erhöhter Konsum einer Substanz tritt also gemeinsam mit erhöhtem Konsum der anderen auf. Es bestehen einige Ausnahmen. Ketamin besitzt moderat positive Korrelation zu MDMA und eine schwach positive Korrelation ( $|0,1| \leq r_{\text{Spearman}} < |0,3|$ ) zu allen anderen Substanzen. Methamphetamin korreliert moderat negativ zu Kokain und Amphetamin und gering zu den anderen Substanzen. Die ausgeprägteste Assoziation, eine stark positive Korrelation ( $|0,6| \leq r_{\text{Spearman}} < |0,9|$ ) aller Substanzen besteht zwischen THC und Cotinin. Dieser Zusammenhang könnte von zwei möglichen Umständen verursacht sein: einerseits wird Cannabis als Rauchware häufig gemischt mit Tabak konsumiert, andererseits könnten Tabak-rauchfreundliche Situationen und Gegebenheiten zu erhöhtem Cannabiskonsum beitragen.

Tabelle 5 Spearman-Korrelationskoeffizienten für die einwohnerspezifischen Frachten der untersuchten Rauschmittel moderate korrelative Zusammenhänge ( $|0,3| \leq r_{\text{Spearman}} < |0,6|$ ) sind hellgrau hervorgehoben, starke korrelative Zusammenhänge ( $|0,6| \leq r_{\text{Spearman}} < |0,9|$ ) sind dunkelgrau hervorgehoben.

	Kokain	Amphet.	MDMA	Methamp.	Cotinin	THC
Amphetamin	0,378					
MDMA	0,542	0,407				
Methamphetamin	-0,338	-0,396	0,036			
Cotinin	0,310	0,470	0,292	0,109		
THC	0,413	0,484	0,364	-0,064	0,671	
Ketamin	0,241	0,107	0,346	0,193	0,186	0,240

## Gender Mainstreaming Aspekte

Da die Untersuchungen von Abwasser integrativ über die angeschlossene Bevölkerung eines Untersuchungsgebiets erfolgt, können keine gender-spezifischen Aussagen abgeleitet werden. Sollten durch begleitende individuen-basierte Erhebungsmethoden gender-spezifische Unterschiede bei Handlungsmustern und Konsumprävalenz festgestellt werden, so könnten diese z. B. mit Methoden der Mustererkennung und Assoziationsanalyse in einer späteren Projektphase mit den abwasserbasierten Ergebnissen zusammengeführt werden.

## **Diskussion der Ergebnisse, Gesamtbeurteilung**

Mit dem Forschungsprojekt konnte die Grundlage eines Deutschlandweiten Monitoring von Drogenrückständen im Abwasser zur Bewertung der Auswirkungen des veränderten Rechtsstatus von Cannabis etabliert werden. Dies umfasst die Etablierung eines Netzwerks von Akteuren, die Optimierung analytischer Verfahren und Ansätzen zur Proben- und Datenverwertung.

Erste Ergebnisse zeigen, dass der Konsum, vor Gesetzeseinführung relativ homogen und hoch im Vergleich zu anderen europäischen Standorten ist. Die uneinheitlichen, größtenteils nicht signifikanten Trends in der Untersuchungsphase sind ein Indiz, dass keine systematische Veränderung im Konsumverhalten in Erwartung der Gesetzeseinführung aufgetreten ist. Die Ergebnisse können damit als Baseline Erhebung herangezogen werden. Veränderungen durch legalen Cannabisanbau und entsprechende Clubs sind nur allmählich zu erwarten. Straffreiheit von Besitz und Konsum könnten schneller Auswirkungen haben.

Auf Grundlage der Ergebnisse empfehlen die Bearbeiter eine Fortführung der Untersuchung für einen Zeitraum von drei Jahren. Zusätzlich zu den berücksichtigten Standorten sollten wenige Orte in geographisch unterrepräsentierten Gebieten und mit kleinerer Einwohnerzahl Berücksichtigung finden.

## **Verbreitung und Öffentlichkeitsarbeit der Projektergebnisse**

Nach Freigabe des Abschlussberichts, sollen zunächst die teilnehmenden Standorte über die jeweiligen Ergebnisse informiert werden, darüber hinaus besteht ein großes öffentliches Interesse, bei Informationsmedien und kommunalen Gesundheitsbehörden.

## **Verwertung der Projektergebnisse (Nachhaltigkeit / Transferpotential)**

Die Projektergebnisse bilden eine vielversprechende Grundlage für ein dauerhaftes Abwasserbasiertes Monitoring von Drogenrückständen und den damit assoziierten Konsumhäufigkeiten.

Im Rahmen einer zweiten Forschungsphase, in der die Entwicklungen nach Einführung der Cannabisgesetze untersucht werden soll, sehen wir ein großes Potential

für die wissenschaftliche Verwertung der baseline-Ergebnisse in Fachpublikationen. Es werden zwei Promotionsprojekte mit Schwerpunkten in der Laboranalytik und Datenauswertung angestrebt.

Nach Abschluss der zweiten Forschungsphase, könnten die laboranalytischen Methoden und Ansätze zur Datenauswertung und -interpretation in ein abwasserbasiertes Routinemonitoring zur Erfassung von Suchtmittelkonsum und anderen Aspekten der öffentlichen Gesundheitsvorsorge einfließen.