

Abwassermonitoring

Abwassermonitoring als Instrument der Krisenprävention, sowie des Krisen- und Pandemiemanagements

Programm / Ausschreibung	KIRAS, Kooperative F&E-Projekte, KIRAS Kooperative F&E-Projekte 2022	Status	laufend
Projektstart	02.10.2023	Projektende	31.12.2025
Zeitraum	2023 - 2025	Projektlaufzeit	27 Monate
Keywords	Abwasserepidemiologie, Surveillance, Public Health, Pathogene		

Projektbeschreibung

Die Abwasserepidemiologie ist ein Werkzeug im Bereich Public Health, das Informationen über den Lebensstil und den Gesundheitszustand der Bevölkerung im Einzugsgebiet einer Kläranlage mittels Analyse von Abwasserproben liefert.

National und international hat sich die Abwasserepidemiologie im COVID-19 Pandemiemanagement als leistungsfähige und kosteneffiziente Methode zur Verfolgung der Verbreitung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung bewährt. Im Herbst 2022 hat die Europäische Kommission einen Entwurf für die Überarbeitung der kommunalen Abwasserrahmenrichtlinie (91/271/EWG) vorgelegt. Dieser sieht u.a. eine Verankerung der abwasserbasierten Epidemiologie ab 2025 in den Mitgliedsstaaten zur Unterstützung der öffentlichen Gesundheit vor. Es sollen neben einem SARS-CoV-2 Abwassermonitoringprogramm weitere Monitoringprogramme zur Überwachung unterschiedlicher pathogener Erreger etabliert werden. Das vorliegende Projekt hat zum Ziel, in Österreich entsprechende Methoden und Technologien im Bereich Analytik und Datenauswertung aufzubauen um eine zeitnahe Überwachung von pathogenen Erregern zu ermöglichen und Ausbrüche frühzeitig zu erkennen.

Im Konkreten umfassen die geplanten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten folgende Aufgaben: (1) Katalogisierung des Viroms in Österreichs Abwasser, (2) Entwicklung, Validierung und Erprobung von Analysemodulen zur quantitativen Bestimmung von relevanten Zielpathogenen in Abwasserproben, (3) Entwicklung von Datenauswertestrategien zur umfassenden Lagebeurteilung inklusive Verschränkung mit den Daten aus der Humansurveillance und (4) Konzeptstudien zur Demonstration der Effektivität des Abwassermonitorings.

Die F&E-Arbeiten im Bereich Analytik gehen über den Stand des aktuellen Wissens bzw. der Technik in Österreich hinaus. Neue Methoden und Abläufe für den Nachweis von relevanten Pathogenen werden entwickelt, die modular miteinander kombiniert werden können. Des Weiteren ist hervorzuheben, dass dafür eine innovative, in Österreich entwickelte Analysentechnik („Compact Sequencing“, Cube Dx) eingesetzt wird.

Auch im Bereich Datenverarbeitung werden neue Wege beschritten, indem Konzepte und Strategien entwickelt werden, die für mehrere Public Health-relevante Pathogene die Verarbeitung von Daten und Informationen aus diversen Quellen zu

einem gemeinsamen und umfassenden Lagebild erlauben sollen.

Die geplante Entwicklungsarbeit ist ressourcenintensiv und mit Risiken verbunden. Hinzu kommen Zeitdruck und z.T. auch die Notwendigkeit aufeinander aufbauende Arbeiten verschachtelt erledigen zu müssen. Aufgrund der ausgewiesenen F&E-Kompetenzen des Projektkonsortiums in den Bereichen Abwasserepidemiologie, Virologie, Analytik, Diagnostik, Datenverarbeitung, Statistik, Ökonomie und Projektmanagement, die es bereits ermöglicht haben, in weniger als zwei Jahren das Nationale SARS-CoV-2 Abwassermonitoring von einer wagen Idee in den Regelbetrieb überzuführen, ist es realistisch, anzunehmen, dass auch die umfassenden F&E-Arbeiten innerhalb der geplanten Projektlaufzeit erledigt werden können.

Neben der Entwicklungsarbeit im engeren Sinn dient das Projekt auch der Vernetzung des Abwassermonitoringsektors mit humanbasierten Surveillancesystemen. Die Abwasserepidemiologie soll dadurch in Österreich nachhaltig als der zur humanorientierten Überwachung komplementärer Surveillanceansatz positioniert werden.

Die begleitende sozialwissenschaftliche Forschung zielt auf die Erarbeitung eines Datennutzungskonzepts ab, das künftig die z.T. als sensibel erachteten Abwassermonitoringdaten mit Wissenschaftler:innen der Sozialwissenschaften geteilt werden können.

Die Umsetzung dieses Vorhabens dient kurzfristig der Erreichung der im Ausschreibungsschwerpunkt „Abwassermonitoring als Instrument der Krisenprävention, sowie des Krisen- und Pandemiemanagements“ angeführten Ziele (Identifizierung von Zielpathogenen – Aufbau von Expertise, Methoden und Technologie – Konzeptstudien – Vernetzung) und wird mittel- und langfristig zu einem Ausbau der Abwassermonitoringaktivitäten in Österreich führen, womit ein unmittelbarer Beitrag zur Erreichung folgender Ziele von KIRAS geleistet wird: (1) Erhöhung der Sicherheit und des Sicherheitsbewusstseins der Bürger:innen, (2) Auf- und Ausbau von Exzellenz im Bereich Sicherheitsforschung und (3) Wachstum der heimischen Sicherheitswirtschaft.

Abstract

Wastewater epidemiology is a public health tool that provides information about the lifestyle and health status of the population in the catchment area of a wastewater treatment plant through analysis of wastewater samples.

Nationally and internationally, wastewater epidemiology has proven to be a powerful and cost-effective method for tracking the spread of SARS-CoV-2 in the population as part of COVID-19 pandemic management. In autumn 2022, the European Commission presented a draft for the revision of the municipal wastewater framework directive (91/271/EEC). This includes, among other things, the anchoring of wastewater-based epidemiology in the member states from 2025 to support public health. In addition to a SARS-CoV-2 wastewater monitoring program, further monitoring programs for monitoring different pathogenic agents are to be established. The aim of this project is to establish in Austria appropriate methods and technologies in the field of analytics and data evaluation in order to enable timely monitoring of pathogenic agents and to detect outbreaks early.

Specifically, the planned research and development work includes the following tasks: (1) mapping of the virome in Austria's wastewater, (2) development, validation, and testing of modules for the quantification of relevant target pathogens in wastewater samples, (3) development of data evaluation strategies for developing a holistic picture of the viral spread in the

population, and (4) concept studies to demonstrate the effectiveness of wastewater monitoring.

As part of the proposed research and development, new and advanced methods and procedures for detecting relevant pathogens are being established that can be combined in a modular manner and are based on an innovative analytical technique developed in Austria ("Compact Sequencing", Cube Dx).

New paths are also taken in data processing by developing concepts and strategies that should enable the processing of data and information from various sources for multiple pathogens into a joint and comprehensive situation report.

The planned development work is resource-intensive and associated with risks. In addition, time pressure and the need to complete interrelated work in an interwoven manner must be taken into account. Given the proven R&D competence of the project consortium in the fields of wastewater epidemiology, virology, analytics, diagnostics, data processing, statistics, economics and project management, which has already made it possible to bring the National SARS-CoV-2 wastewater monitoring from a vague idea to regular operation in less than two years, it is realistic to assume that the envisioned work can be completed within the planned project duration.

In addition to the R&D work in the narrower sense, the project is intended to establish links between wastewater monitoring and human-based surveillance systems. Thus, wastewater epidemiology in Austria is expected to be sustainably positioned as a complementary surveillance approach to human-oriented monitoring.

The accompanying social science research aims to develop a data usage concept that will help in the future that wastewater monitoring data, which are sometimes considered sensitive, can be shared with social science researchers.

The implementation of this project serves, in the short term, to achieve the objectives outlined in the funding priority (identification of target pathogens; development of expertise, methods, and technology; concept studies; networking) and will lead to an expansion of wastewater monitoring activities in Austria in the medium and long term, thus making an immediate contribution to achieving the following KIRAS objectives: (1) Increasing the safety and security awareness of citizens, (2) Establishing and expanding excellence in the field of security research, and (3) Growing the domestic security industry.

Endberichtkurzfassung

Das transdisziplinäre Forschungsprojekt „Abwassermonitoring“ befasste sich mit dem Nachweis von Pathogenen in Abwasser sowie der darauf aufbauenden Entwicklung und Erprobung von Surveillance-Systemen. Das Projekt startete im Oktober 2023 und wurde Ende Dezember 2025 abgeschlossen.

Die konkreten Ziele des Projekts „Abwassermonitoring“ bestanden in

(1) der Identifizierung und Bewertung potenzieller Zielpathogene,

- (2) der Entwicklung, Validierung und Erprobung von Modulen zur quantitativen Bestimmung relevanter Zielpathogene in Abwasserproben,
- (3) der Entwicklung von Datenauswertestrategien zur umfassenden Lagebeurteilung,
- (4) der Umsetzung von Konzeptstudien zur Demonstration der Effektivität des Abwassermonitorings,
- (5) der Vernetzung des Abwassermonitorings mit bestehenden Surveillancestrukturen,
- (6) der Evaluierung des sozioökonomischen Nutzens der Abwasserepidemiologie.

Die Abwasserepidemiologie ist ein Werkzeug im Bereich Public Health, das Informationen über den Lebensstil und den Gesundheitszustand der Bevölkerung im Einzugsgebiet einer Kläranlage durch die Analyse von Abwasserproben liefert. Besonders während der Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)-Pandemie hat sich gezeigt, dass die Abwasserepidemiologie die auf Humantestungen basierenden Surveillance-Systeme sinnvoll ergänzt und somit einen wertvollen Beitrag zur Lagebeurteilung leistet.

Im Rahmen des Projekts konnten wir mithilfe speziell entwickelter sequenzierungsbasierter Techniken (Hybrid-Capture- und metagenomische Ansätze mit Illumina-Sequenzierung) zeigen, dass sich neben SARS-CoV-2 eine Vielzahl weiterer Pathogene im Abwasser nachweisen lässt.

Aus der umfangreichen Liste an Krankheitserregern, für die die Etablierung eines Abwassermonitoringprogramms technisch umsetzbar ist, wurden jene Pathogene ausgewählt, für die aus gesundheitspolitischer Sicht ein Bedarf für die Etablierung eines Monitoringsystems besteht. Dazu gehören Viren, die Atemwegserkrankungen auslösen, wie etwa Influenzaviren, das humane Respiratorische Synzytial-Virus (RSV) und das humane Metapneumovirus, aber auch Viren, die Magen-Darm-Erkrankungen verursachen, wie etwa das Norovirus, das Rotavirus oder das Adenovirus, sowie das Masernvirus.

In der Folge wurden Nachweisverfahren entwickelt, die die Extraktion, Aufreinigung sowie die spezifische Detektion und Quantifizierung geringster Spuren genetischen Materials der Zielpathogene in Abwasserproben ermöglichen. Als Nachweismethoden kamen die folgenden drei Polymerase-Kettenreaktion (PCR)-basierten Technologien zur Anwendung: (1) die Real-Time-quantitative PCR, (2) die digitale PCR und (3) das „compact sequencing“.

Parallel dazu wurden Methoden zur Datenverarbeitung und -analyse sowie Grundlagen für ein zukünftiges Datenmanagement und eine umfassende Ergebnisdarstellung und -kommunikation erarbeitet.

Zur Evaluierung der praktischen Anwendbarkeit wurden mehrere Konzeptstudien durchgeführt. Die analysierten Abwasserproben stammten dabei hauptsächlich aus dem Tiroler Abwassermonitoringprogramm.

Im Rahmen einer ersten Studie wurde das Monitoring von Influenzaviren und des Respiratorischen Synzytialvirus in der

Wintersaison 2023/24 implementiert. Die Probenahme erfolgte ein- bis zweimal wöchentlich. Neben tagesaktuellen wurden auch archivierte Proben analysiert. Die gewonnenen Daten wurden gemeinsam mit hydrochemischen Parametern in einer zentralen Datenbank zusammengeführt und mittels Dashboards sowie Zeitreihen- und Kartendarstellungen visualisiert. Der Vergleich mit klinischen Daten zu stationären Aufnahmen aufgrund schwerer akuter respiratorischer Infektionen zeigte eine hohe Übereinstimmung der zeitlichen Verläufe. Gleichzeitig wurde deutlich, dass klinische Daten aufgrund von Meldeverzögerungen den Abwasserdaten um bis zu zwei Wochen nachgelagert sind.

Eine zweite Konzeptstudie untersuchte einen Masernausbruch im Tiroler Unterland im ersten Halbjahr 2024. Die betroffenen Regionen wurden regelmäßig beprobt und die Ergebnisse mit Daten aus dem epidemiologischen Meldesystem abgeglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass das Abwassermonitoring sowohl als Frühwarn- als auch als Entwarnungssystem geeignet ist. In mehreren Fällen wurden positive Abwassersignale detektiert, bevor klinische Fälle gemeldet wurden bzw. ohne dass unmittelbar klinische Fälle dokumentiert waren.

Neben der technischen Machbarkeit wurden auch die rechtlichen Rahmenbedingungen systematisch analysiert. Erstmals erfolgte eine umfassende Auswertung sowohl nationaler als auch unionsrechtlicher Grundlagen, einschließlich laufender legislativer Verfahren. Diese haben potenziell erheblichen Einfluss auf die zukünftige Organisation und Implementierung von Abwassermonitoring-Systemen. Ergänzend wurden datenschutzrechtliche Fragestellungen sowie ökonomische Aspekte des abwasserepidemiologischen Ansatzes untersucht.

Insgesamt hat das Projekt die wissenschaftlichen, technischen und organisatorischen Grundlagen für die zukünftige Anwendung der abwasserbasierten Surveillance von Pathogenen in Österreich geschaffen.

Projektkoordinator

- Medizinische Universität Innsbruck

Projektpartner

- Cube Dx GmbH
- Gesundheit Österreich GmbH
- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
- QIAGEN GmbH
- Medizinische Universität Wien
- Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz