

## FUN4Nano-NN

SERS go market: multiplex 4N4SERS array challenging hydrophobic contaminants sensing in matrix through neural networks

<b>Programm / Ausschreibung</b>	KS 24/26, KS 24/26, BRIDGE 2025 (AS 2024/02)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.09.2025	<b>Projektende</b>	31.08.2028
<b>Zeitraum</b>	2025 - 2028	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	sensor; SERS; matrix; hydrophobic contaminant		

### Projektbeschreibung

Die Entwicklung schneller, kostengünstiger und informativer Analysetechnologien für persistente hydrophobe Schadstoffe, die eine Gesundheits- und Umweltbelastung in der EU darstellen (2008/105/EG, 2013/39/EU, 2024/1441), ist eine zentrale Aufgabe im Rahmen von HORIZON und UNESCO. Dieses Projekt adressiert Einschränkungen bestehender Technologien, wie hohe Kosten, qualifiziertes Personal, aufwendige Probenvorbereitung und eingeschränkte Mobilität für Vor-Ort-Analysen.

Im Gegensatz zu chromatographischen Methoden ermöglicht die oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie (SERS) eine schnelle und kosteneffiziente Analyse komplexer Proben. Kommerzielle SERS-Substrate basieren jedoch auf unmodifizierten Metalloberflächen, die anfällig für Kontaminationen und Signalstörungen sind. Die Funktionalisierung der 4Nano SERS-Substrate von Phornano GmbH soll ihre Marktreife erhöhen, dank verbesserter Selektivität und längerer Lebensdauer. Zielanalyte sind perfluorierte Verbindungen, Mikroplastik und Pestizide, eingebettet in Matrices wie Proteine, Zucker und Stärke – typisch für Lebensmittel- und Umweltproben.

Die Universität Wien wird ein multiplexes 4NanoSERS-Array entwickeln, bei dem jedes Muster auf einen Zielanalyten optimiert ist und kombinierte SERS-Spektren liefert. Funktionalisierte Substrate werden selektive Erkennungsschichten enthalten, die die Raman-Signalverstärkung um mindestens 50 % und die Stabilität um 30 % gegenüber unmodifizierten Substraten verbessern. Ein Convolutional Neural Network (CNN) wird kombiniert SERS-Spektren präzise analysieren, eine Klassifikationsgenauigkeit von  $\geq 95$  % und einen Quantifizierungsfehler von  $\leq 10$  % erzielen. Der optimierte Workflow (Probenahme, Messung und Analyse) wird auf unter 40 Minuten reduziert, um Kosten zu senken und die Bedienung zu erleichtern.

Diese Technologie wird lokale Unternehmen wie Agrana, Pfanner und Wolftank unterstützen und Österreich als führenden Standort für Lebensmittelsicherheitstechnologie etablieren. Das Endergebnis wird ein validiertes SERS-System sein, das eine kosteneffiziente Lösung zur Detektion hydrophober Schadstoffe bietet, die Umweltüberwachung, Lebensmittelsicherheit und industrielle Qualitätskontrolle verbessert und mit Nachhaltigkeitszielen im Einklang steht.

## Abstract

The development of fast, cheap and informative analytical technologies for persistent hydrophobic contaminants being a health and environment concern in EU (regulations 2008/105/EC, 2013/39/EU, 2024/1441) is one of the most relevant tasks englobed under the scope of the HORIZON, Global Challenges and UNESCO. This project addresses key limitations of existing detection technologies for complex samples, including high costs, reliance on skilled operators, lengthy pretreatment processes, and limited portability for on-site analysis.

Unlike traditional chromatographic methods, surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) enables fast, cheap and informative analysis of complex samples. However, commercially available SERS substrates rely on bare nano-structured metal surfaces, which are prone to contamination and signal interference from complex sample compositions, making it unsuitable for realistic samples analysis. Functionalization of commercial 4Nano SERS substrates provided by PhornanoGmbH will bring it closer to widespread market use and make them competitive analytical tools because of selectivity and prolonged life time. The target hydrophobic pollutants are perfluorinated compounds, microplastics, and industrial pesticides, which are placed matrices such as proteins, sugars and starch being typical for food/environmental samples. The expertise of Uni Wien in advanced SERS substrates will help to develop multiplex 4N4SERS array, where each patterns is optimized for one of target analytes giving combined SERS spectra. Functionalized substrates will incorporate tailored recognition layers to selectively capture target analytes, improving Raman signal enhancement by at least 50% and stability by 30% compared to unmodified substrates.

For providing clear and convenient for end-user information about samples, convolutional neural network (CNN) will enable precise, rapid analysis of combined SERS spectra, achieving classification accuracy  $\geq 95\%$  and quantification error  $\leq 10\%$ . CNN for spectra post-processing will deliver user-friendly qualitative and quantitative insights, setting these substrates apart from other commercial options. The detection workflow, including sampling, SERS measurement, and analysis, will be optimized to under 40 minutes, reducing costs and increasing usability for non-expert operators. This technology could be further useful for such local companies as Agrana, Pfanner, Woltank, HYDROPHI who need monitoring technologies, however, and could get cheaper and faster optio compared to commonly used chromatographic approaches. Moreover, this technology will position Austria as a leader in food safety technology, attracting investment, and fostering innovation in environmental and food monitoring. The final outcome will be a validated SERS-based system offering a cost-effective, scalable solution for detecting hydrophobic contaminants. This innovation will advance environmental monitoring, food safety, and industrial quality control, aligning with sustainability goals by promoting rapid, accessible, and eco-friendly analytical tools. This collaboration between Phornano and Uni Wien with complementing expertise will become a starting point for long-term revolutionizing of analytical field of SERS on commercial level.

## Projektkoordinator

- Universität Wien

## Projektpartner

- Phornano Holding GmbH