

## RealSens

Advanced Nanomaterials for Real-time Environmental Monitoring Sensor System

|                                 |                                                                                                                                                      |                        |            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | DST 24/26, Schlüsseltechnologien, Schlüsseltechnologien im produktionsnahen Umfeld, 2024: Robotik, Advanced Materials, Photonik und Smarte Textilien | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.06.2025                                                                                                                                           | <b>Projektende</b>     | 31.05.2028 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2025 - 2028                                                                                                                                          | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | nanomaterials; chemical sensors; spark ablation technology; enviromental monitoring;                                                                 |                        |            |

### Projektbeschreibung

Heute verbringen die Menschen in Europa 90 % ihrer Zeit in Innenräumen. Da Außengase die Luftqualität (AQ) in Innenräumen erheblich beeinflussen, ist die Umweltüberwachung in Wohnungen, Büros und Fahrzeugen essentiell, um eine hohe AQ zu gewährleisten. Trotz jahrelanger Bemühungen sind Gassensoren, die verschiedene Gase identifizieren und quantifizieren können, nach wie vor schwer zu realisieren, da herkömmliche Sensoren mit Querempfindlichkeiten zu kämpfen haben. Obwohl es Fortschritte bei der Miniaturisierung gibt, erfüllen die Gassensoren nicht die Anforderungen der Unterhaltungselektronik, wodurch eine individuelle Umweltüberwachung mit intelligenten Sensoren derzeit nicht möglich ist. Das Ziel des RealSens-Projekts ist die Entwicklung neuer Nanomaterialien für ein Multisensorsystem zur Umweltüberwachung. Diese Nanomaterialien basieren auf der einzigartigen Synthese- und Abscheidungstechnologie von VSParticle, die in Bezug auf Materialreinheit und Flexibilität bei Materialkombinationen weit über den aktuellen Stand der Technik hinausgeht. Die Materialien werden in ein chemisches Sensorsystem integriert, das eine neuartige Kombination aus thermischer und optischer (TO) Anregung nutzt. Dies wird durch die Integration von Mikro-Heizplatten für die thermische Anregung mit LEDs für die optische Anregung erreicht. Während herkömmliche Gassensoren ausschließlich auf thermischer Anregung basieren, eröffnet unser neuartiges TO-Sensorprinzip Zugang zu einem einzigartig großen Parameterraum für die Sensoroptimierung, der bisher noch nicht genutzt wurde:

- Untersuchung von Nanomaterialien, wie Materialien mit hoher Austrittsarbeit, p- und n-Typ Metalloxide sowie Nanopartikel und deren Kombinationen, um das volle Potenzial des TO-Sensorprinzips auszuschöpfen. Das Projekt wird sich auf die Erkennung umweltrelevanter Gase wie CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Ozon und verschiedene flüchtige organische Verbindungen (VOCs) konzentrieren. Neben der Änderung des elektrischen Widerstands wird RealSens auch den Effekt der Oberflächenionisation nutzen, um die Gaserkennungseffizienz zu steigern.
- Optimierung der Sensorleistung durch Anpassung von Parametern wie Betriebstemperatur (T), optische Intensität (I) und Wellenlänge (λ) für jedes Nanomaterial und Zielgas. Gepulste AC-Betriebsmodi ermöglicht durch die schnellen Schaltzeiten (t) der Mikro-Heizplatten und LEDs, den zeitlichen Bereich auszunutzen.

In RealSens wird eine große Menge komplexer Sensordaten generiert. Diese erfordern fortschrittliche Datenbewertungsmethoden wie aktives Lernen (AL) und maschinelles Lernen (ML), um die Empfindlichkeit und Selektivität der Nanomaterialien zu optimieren. Ein besonderer Schwerpunkt wird auf der Kompensation von Querempfindlichkeiten,

Sensorkalibrierung, Rauschunterdrückung, automatischer Basislinienkorrektur und der Steigerung der Empfindlichkeit durch Extraktion spezieller Signalcharakteristika liegen.

RealSens wird neue technologische Lösungen für die Umweltüberwachung durch die Entwicklung neuer Nanomaterialien hervorbringen. Alle Partner werden sowohl wissenschaftliche als auch technologische Vorteile in Forschung und Entwicklung sowie im Geschäftsbetrieb haben. Die Technologie zur Nanomaterialsynthese und insbesondere die gesamte Prozesskette – Nanomaterialsynthese, beschleunigte Materialoptimierung durch AL, Implementierung in 3D-integrierte TO-Multisensorgeräte und ML – resultiert in einem einzigartigen Fachwissen und Know-how für das gesamte Konsortium.

## **Abstract**

Today, people in Europe spend 90% of their time indoors. As outdoor polluting gases significantly affect indoor air quality (AQ), environmental monitoring is crucial for homes, offices, and vehicles to ensure healthy AQ in daily life. Despite decades of efforts, miniaturized gas sensors that can identify and quantify various gases are still elusive due to major cross-sensitivity issues in conventional sensors. Although there have been advancements in sensor miniaturization, current gas sensors do not meet the requirements for consumer electronics, making individual environmental monitoring with smart sensors unavailable at present.

The goal of the RealSens project is to develop advanced nanomaterials for a multi-sensor system for environmental monitoring. These nanomaterials are based on the unique synthesis and deposition technology of VSParticle, which goes well beyond current state-of-the-art in terms of material purity, and flexibility regarding material combinations. These materials will be integrated into a chemical sensor system that uses a novel combination of thermal and optical (TO) excitation, achieved by integrating micro-hotplate devices for thermal excitation with LEDs for optical excitation. While conventional conductometric chemical sensors rely solely on thermal excitation, our novel TO sensing principle opens access to an unrivaled parameter space for sensor optimization, which has never been explored before:

- Investigating advanced nanomaterials, such as high work function materials, p- and n-type metal oxides, and nanoparticles, as well as their combinations, to fully exploit the potential of the TO sensor principle. The project will focus on detecting gases relevant to environmental monitoring, such as CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, ozone, and various volatile organic compounds (VOCs). Alongside changes in electrical resistance, RealSens will also explore the surface ionization effect to enhance gas detection efficiency.

- Optimizing sensor performance by adjusting parameters like operation temperature (T), optical intensity (I), and wavelength ( $\lambda$ ) for each nanomaterial and target gas. Pulsed AC operation modes for both thermal and optical excitations will be used to exploit the temporal domain, enabled by the fast switching times (t) of the micro-hotplates and LEDs.

The RealSens' experimental approach will generate a vast amount of complex sensor data. These necessitates advanced data evaluation methods such as active learning (AL) and machine learning (ML) to optimize both sensitivity and selectivity of the nanomaterials. Major focus will be on cross-sensitivity compensation, sensor calibration, signal noise reduction, automated baseline correction, and increasing the sensitivity via feature extraction.

RealSens will provide new technological solutions for environmental monitoring by developing and optimizing advanced nanomaterials. All partners will have scientific and technological advantages in research & development as well as in business. The nanomaterial synthesis technology, and in particular the whole process chain – nanomaterial synthesis, accelerated material optimization by AL, implementation on 3D-integrated TO multi-sensor devices, and ML - results in a unique expertise and know-how for the whole consortium.

## **Projektkoordinator**

- Materials Center Leoben Forschung GmbH

## **Projektpartner**

- Silicon Austria Labs GmbH
- UnravelTEC OG
- VSParticle B.V.