

## HYPER-SENSE

Intelligent Monitoring System based on Acoustic Emissions Sensing for early Defect Detection

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IWI, IWI, Basisprogramm Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.06.2023	<b>Projektende</b>	12.06.2024
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	13 Monate
<b>Keywords</b>			

### Projektbeschreibung

Die Erkennung und Quantifizierung von Defekten in chemischen Anlagen ist sowohl in Bezug auf Reparaturen als auch auf Produktionsausfälle teuer. Diese Defekte können zu einem kompletten Maschinen- oder Anlagenausfall führen. Daher sind fortschrittliche und wirksame prozessbegleitende Zustandsüberwachungs- und vorausschauende Wartungstechniken erforderlich, um Anlagenprobleme in Echtzeit und im Anfangsstadium vorherzusagen und zu erkennen.

Ziel des aktuellen HYPER-SENSE FFG-Projekts ist es, ein System zu entwickeln, das die Erkennung defekter Einheiten in Chemieanlagen auf effizientere, zuverlässigere und objektivere Weise ermöglicht als die derzeit verfügbaren Methoden. Das HyperSense™ System zielt darauf ab, diesen Bedarf durch die Erweiterung der Zustandsüberwachung und der prognostischen Fähigkeiten der Standard-Akustik-Emissions-Methode (AE) zu lösen, indem es mehrere Sensoren (AE, Vibration und Thermographie), eine verbesserte AE-Signalerfassungsmethode und SENSEVENS neuartige, proprietäre Defektzustandsalgorithmen (die verschiedene Algorithmen für Signalverarbeitung, Defekt diagnose/-quantifizierung und Datenvisualisierung integrieren) verwendet.

Zu diesem Zweck nutzt unsere Arbeit ein neues Paradigma für die Datenverarbeitung und das Lernen und schlägt die Implementierung mehrerer wettbewerbsfähiger statistischer Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) vor, die eine effiziente Berechnung mit geringer Latenz und hohem Durchsatz ermöglichen. Im Gegensatz zu bestehenden AE-basierten Lösungen, die das gesamte Frequenzspektrum in die Analyse einbeziehen und einen Rahmen verwenden, der von der EEG-Datenverarbeitung inspiriert ist, konzentriert sich die vorgeschlagene Methode nur auf das hochfrequente AE-Fenster von 25-300 KHz (HF-25/300AE) und ermöglicht so eine präzisere Fehleridentifizierung und -klassifizierung.

Das HyperSense™-System besteht aus einem Multisensor-Gerät, einer hochleistungsfähigen, cloudbasierten Infrastruktur und einem Smartphone-basierten Softwarepaket für die Datenerfassung und -analyse, das es uns ermöglicht, seine Rechenkapazitäten für die Live-Analyse/Quantifizierung von Defekten sowie seine Leistungsvorteile wie Genauigkeit, Tragbarkeit, Kosteneffizienz und einfache Bedienung zu nutzen. Auf diese Weise können Anlagentechniker Defekte frühzeitig erkennen und vorausschauende Wartungsaufgaben in einem einfach zu befolgenden Verfahren selbst durchführen, ohne sich auf Experten verlassen zu müssen. Die Idee, eine benutzerfreundliche und multifunktionale Plattform

zu schaffen, die verschiedene Arten von Sensoren integriert und vorhersagende Wartungsaufgaben an verschiedenen Anlagentypen in Echtzeit ermöglicht kann in der Praxis als revolutionär angesehen werden. Die Endnutzer hätten die Möglichkeit, HyperSense™ als Entscheidungsunterstützungssystem (DSS) zu erwerben, indem sie die Software zu bestehenden kommerziellen AE-basierten Systemen hinzufügen (mit minimalen Hardwaremodifikationen) oder als komplettes Produkt mit zugehörigen Hardware- und Softwareoptimierungen zur Datenerfassung und -analyse (Algorithmen).

Die Erkennung und Quantifizierung von Defekten in chemischen Anlagen ist sowohl in Bezug auf Reparaturen als auch auf Produktionsausfälle teuer. Diese Defekte können zu einem kompletten Maschinen- oder Anlagenausfall führen. Daher sind fortschrittliche und wirksame prozessbegleitende Zustandsüberwachungs- und vorausschauende Wartungstechniken erforderlich, um Anlagenprobleme in Echtzeit und im Anfangsstadium vorherzusagen und zu erkennen.

Ziel des aktuellen HYPER-SENSE FFG-Projekts ist es, ein System zu entwickeln, das die Erkennung defekter Einheiten in Chemieanlagen auf effizientere, zuverlässigere und objektivere Weise ermöglicht als die derzeit verfügbaren Methoden. Das HyperSense™ System zielt darauf ab, diesen Bedarf durch die Erweiterung der Zustandsüberwachung und der prognostischen Fähigkeiten der Standard-Akustik-Emissions-Methode (AE) zu lösen, indem es mehrere Sensoren (AE, Vibration und Thermographie), eine verbesserte AE-Signalerfassungsmethode und SENSEVENS neuartige, proprietäre Defektzustandsalgorithmen (die verschiedene Algorithmen für Signalverarbeitung, Defekt diagnose/-quantifizierung und Datenvisualisierung integrieren) verwendet.

Zu diesem Zweck nutzt unsere Arbeit ein neues Paradigma für die Datenverarbeitung und das Lernen und schlägt die Implementierung mehrerer wettbewerbsfähiger statistischer Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) vor, die eine effiziente Berechnung mit geringer Latenz und hohem Durchsatz ermöglichen. Im Gegensatz zu bestehenden AE-basierten Lösungen, die das gesamte Frequenzspektrum in die Analyse einbeziehen und einen Rahmen verwenden, der von der EEG-Datenverarbeitung inspiriert ist, konzentriert sich die vorgeschlagene Methode nur auf das hochfrequente AE-Fenster von 25-300 KHz (HF-25/300AE) und ermöglicht so eine präzisere Fehleridentifizierung und -klassifizierung.

Das HyperSense™-System besteht aus einem Multisensor-Gerät, einer hochleistungsfähigen, cloudbasierten Infrastruktur und einem Smartphone-basierten Softwarepaket für die Datenerfassung und -analyse, das es uns ermöglicht, seine Rechenkapazitäten für die Live-Analyse/Quantifizierung von Defekten sowie seine Leistungsvorteile wie Genauigkeit, Tragbarkeit, Kosteneffizienz und einfache Bedienung zu nutzen (Abbildung 1). Auf diese Weise können Anlagentechniker Defekte frühzeitig erkennen und vorausschauende Wartungsaufgaben in einem einfach zu befolgenden Verfahren selbst durchführen, ohne sich auf Experten verlassen zu müssen. Die Idee, eine benutzerfreundliche und multifunktionale Plattform zu schaffen, die verschiedene Arten von Sensoren integriert und vorhersagende Wartungsaufgaben an verschiedenen Anlagentypen in Echtzeit ermöglicht, wie in Abbildung 6 dargestellt, kann in der Praxis als revolutionär angesehen werden. Die Endnutzer hätten die Möglichkeit, HyperSense™ als Entscheidungsunterstützungssystem (DSS) zu erwerben, indem sie die Software zu bestehenden kommerziellen AE-basierten Systemen hinzufügen (mit minimalen Hardwaremodifikationen) oder als komplettes Produkt mit zugehörigen Hardware- und Softwareoptimierungen zur Datenerfassung und -analyse (Algorithmen).

## **Endberichtkurzfassung**

Project Results:

One of the main objectives we achieved by the end of the 12M, together with iSafe, was defining and developing the technical specifications for an acoustic emission wireless inspection hardware. Specifically, future hardware would be able to

manage up to three separate channels: vibration, AE, and thermography. Currently, these channels are used individually based on the application. Our future goal is to integrate those into a single device. Nevertheless, due to the high costs (~800€) and limited effectiveness of vibration monitoring systems, we opted to skip vibration module from initial prototype and to just combine AE and Thermography sensors (integration will be carried out in 2025).

Important advancement from the state-of-the-art (SoA) is that the sensor shall quantify relating frequency as opposed to just qualitative assessment (yes/no leaking). Thus, we were busy developing a on-board data acquisition, conditioning and data processing system capable of storing data for pre-processing and threshold comparisons. Sizeable solution is sought with a separate stackable module, allowing to place "each function" (signal processing, wireless and energy harvesting) into a single enclosure. Within WP5 we have been developing specific algorithms based on signal processing and acoustic emission theory for translating the condition of acoustic emissions from the mechanics to faults in the machinery (system), and to perform machine parts (safety/control/gate valves, steam traps, hydraulic cylinders and pumps) prognosis as well as extent of damage.

The HYPER-SENSE system is complemented by Expert System software, that is developed by Impactful OÜ within WP4 and runs remotely. The Expert System allows the monitorization of the Data Hub and is the responsible for interpreting the information in order to give the maintenance support to the operator. The Expert System allows comparison, visualization history analysis and data export.

In work package 6 the HYPER-SENSE sensors were tested individually in laboratory and in field trials. These experiments were performed at 30 different EU and international sites like Mondi Frantschach, Wien Energie, Jo Wafra Kuwait, BASF – Illertissen, Kumho Petrochemical, Lincolnway Energy – Nevada, etc. It has been demonstrated that the hardware worked satisfactorily for the leaking valves and steam trap use cases. Milestones 4.2 and 4.3 in work package 4 demonstrates the correct functioning of the software during the test carried out in the structural health monitoring mock-up. The post processing software was validated acquiring data continuously for a long period of time.

## **Projektpartner**

- Senseven GmbH