

## INSIGHT-PV

Zerstörungsfreie Detektion des Eindringens von Feuchtigkeit in PV-Module und Auswirkung auf Ertrag & Modulsicherheit

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschungsprogramm 2025 (KLIEN AV 24)	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.03.2026	<b>Projektende</b>	29.02.2028
<b>Zeitraum</b>	2026 - 2028	<b>Projektlaufzeit</b>	24 Monate
<b>Projektförderung</b>	€ 559.040		
<b>Keywords</b>	Moisture Detection, Photovoltaic Modules, Encapsulation Materials, Non-Destructive Testing, Degradation Analysis		

### Projektbeschreibung

Zerstörungsfreie Detektion des Eindringens von Feuchtigkeit in PV-Module und Auswirkung auf Ertrag & Modulsicherheit

Photovoltaik (PV) ist die Schlüsseltechnologie für den Übergang zu einer klimaneutralen Energieversorgung. Die langfristige Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von PV-Modulen sind jedoch entscheidend für ihre Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit. Ein zentrales Problem stellt die Feuchteaufnahme in Modulen dar, die zu Leistungsverlusten, Materialdegradation und sicherheitsrelevanten Schäden führen kann. Derzeit existieren keine praxistauglichen, zerstörungsfreien Methoden zur Früherkennung von Feuchteschäden in PV-Modulen. Bisherige Untersuchungen beschränken sich auf invasive oder rein laborgestützte Verfahren, die sich nicht für eine breite Anwendung im Feld eignen.

Ziel von INSIGHT-PV ist die Entwicklung zerstörungsfreier Analyse- und Diagnosemethoden zur Erkennung und Quantifizierung von Feuchte in PV-Modulen – sowohl im Labor als auch unter realen Betriebsbedingungen. Der Innovationsgehalt liegt in der Kombination modernster spektroskopischer und bildgebender Verfahren mit datenbasierten Auswertemethoden (z.B. Chemometrie und Machine Learning). Dadurch sollen Feuchteschäden frühzeitig identifiziert, ihre Reversibilität untersucht, und deren Auswirkungen auf die Modulleistung und -sicherheit bewertet werden.

Neben der materialanalytischer Forschung steht die Entwicklung von Messsystemen im Fokus, die für die industrielle Qualitätssicherung und Wartung geeignet und nutzbar sind. Die Integration dieser zerstörungsfreien Verfahren in Produktions- und Betriebsprozesse ermöglicht neue Ansätze zur Zustandsüberwachung und Lebensdauerprognose von PV-Modulen, was vor allem im Bereich Second-Life von PV-Modulen wesentlich ist. Dies stellt einen entscheidenden Schritt hin zu mehr Effizienz, Sicherheit und Nachhaltigkeit im PV-Sektor.

INSIGHT-PV verfolgt mehrere zentrale Ziele:

- Identifikation geeigneter spektroskopischer (z. B. NIR, UV-Fluoreszenz) und bildgebender Messmethoden zur

## Feuchtedetektion in PV-Modulen

- Entwicklung, Aufbau und Validierung zerstörungsfreier Sensorsysteme zur orts aufgelösten Feuchtemessung in Labor- und Feldumgebungen
- Kalibration und Validierung der Messmethoden mit etablierten Referenzverfahren (z. B. TGA, Karl-Fischer-Titration)
- Untersuchung der Korrelation zwischen Feuchteaufnahme und elektrischer Performance bzw. sicherheitsrelevanten Effekten
- Analyse der Reversibilität von Feuchteinflüssen und Bewertung potenzieller Regenerationsmaßnahmen
- Einbindung industrieller Partner zur Erprobung und Anwendung der Verfahren an realen PV-Anlagen sowie Produktionsstätten

Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur Verlängerung der Lebensdauer von PV-Modulen und zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks pro erzeugter kWh. Zudem fördert es Innovation in den Bereichen Sensorik, Materialanalyse und nachhaltige Energieinfrastruktur (Second-Life). INSIGHT-PV schafft somit die Basis für zukunftsorientierte Qualitätssicherung, Investitionssicherheit und neue Geschäftsmodelle in der Photovoltaik-Branche.

## Abstract

Non-Destructive Detection of Moisture Ingress in PV Modules and Its Impact on Yield & Module Safety

Photovoltaics (PV) is a key technology for the transition to a climate-neutral energy supply. However, the long-term performance and reliability of PV modules are crucial for their economic viability and sustainability. A central challenge is moisture ingress into the modules, which can lead to power losses, material degradation, and safety-related damage. Currently, there are no practical, non-destructive methods for the early detection of moisture-related damage in PV modules. Existing approaches are limited to invasive or purely laboratory-based methods that are not suitable for widespread field application.

The aim of INSIGHT-PV is to develop non-destructive analytical and diagnostic methods for detecting and quantifying moisture in PV modules—both in laboratory settings and under real-world operating conditions. The innovative approach combines advanced spectroscopic and imaging techniques with data-driven evaluation methods (e.g., chemometrics and machine learning). This will allow for the early identification of moisture-related damage, investigation of its reversibility, and assessment of its impact on module performance and safety.

In addition to material analysis, the project focuses on developing measurement systems that are suitable for use in industrial quality assurance and maintenance. The integration of such non-destructive methods into production and operational processes enables new strategies for condition monitoring and lifetime prediction of PV modules—particularly relevant for second-life applications. This represents a crucial step toward greater efficiency, safety, and sustainability in the PV sector.

INSIGHT-PV pursues several key objectives:

- Identification of suitable spectroscopic (e.g., NIR, UV fluorescence) and imaging-based methods for detecting moisture in PV modules
- Development, setup, and validation of non-destructive sensor systems for spatially resolved moisture measurement in laboratory and field environments

- Calibration and validation of the measurement methods against established reference techniques (e.g., TGA, Karl Fischer titration)
- Investigation of the correlation between moisture ingress and electrical performance as well as safety-related effects
- Analysis of the reversibility of moisture impacts and evaluation of potential regeneration strategies
- Involvement of industrial partners to test and implement the developed methods in real PV installations and production facilities

The project makes a significant contribution to extending the operational lifetime of PV modules and reducing resource consumption and the CO<sub>2</sub> footprint per kilowatt-hour produced. It also promotes innovation in sensor technology, material analysis, and sustainable energy infrastructure (second-life applications). INSIGHT-PV thus lays the foundation for future-oriented quality assurance, investment security, and new business models in the photovoltaic industry.

### **Projektkoordinator**

- Silicon Austria Labs GmbH

### **Projektpartner**

- Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik, kurz Österreichisches Forschungsinstitut, abgekürzt OFI
- Sonnenkraft Energy GmbH
- 2nd Cycle FlexCo