

## SAR4SPEC

SAR for Solar Park Efficiency Control

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Weltraum, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2023	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.01.2025	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2025 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	12 Monate
<b>Keywords</b>	Solarenergie, Radarfernerkundung		

### Projektbeschreibung

Ausgangssituation

Um das Ziel zu erreichen, die Erderwärmung auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, müssen die Emissionen vor allem im Energiesektor drastisch gesenkt werden. Die Nutzung der Solarenergie ist dazu ein wichtiger Pfeiler. Derzeit sind weltweit mehr als 4 Milliarden Photovoltaikmodule (PV-Module) installiert. Aufgrund des raschen Ausbaus in den letzten Jahren kommen täglich etwa 3 Millionen Module hinzu.

Diese an sich positive Entwicklung wirft zwei Fragen auf:

1. Wie lässt sich ein maximaler Wirkungsgrad der PV-Anlagen sicherstellen?
2. Was passiert mit dieser riesigen Menge an PV-Modulen nach ihrem (ersten) Lebenszyklus?

Zur Beantwortung beider Fragen werden effiziente und wirksame Methoden benötigt, um i) den Energieertrag von PV-Modulen zu überwachen und ii) Fehler zu erkennen, um eine möglichst ressourceneffiziente Wiederverwendung oder das Recycling fehlerhafter PV-Module zu ermöglichen.

Die Überwachung und Erkennung von Fehlern in PV-Großanlagen stützen sich derzeit in erster Linie auf Strom- und Spannungsdaten und sind bei der genauen Lokalisierung und Identifizierung von Fehlern begrenzt. In Fällen, in denen Anomalien festgestellt werden, werden in der Regel Drohnen mit IR-Kameras oder visuelle Inspektionen eingesetzt. Diese Methoden sind jedoch arbeits- und ressourcenintensiv und daher teuer und für häufige, periodische Auswertungen ungeeignet.

Alternativ dazu haben SAR-Satelliten mit ihren regelmäßigen und großflächigen Beobachtungen das Potenzial, die Fehlerlokalisierung und -identifizierung zu verbessern. Durch die Bereitstellung kontinuierlicher positions- und zustandsbezogener Informationen könnten SAR-Satelliten die Überwachungsmöglichkeiten von PV-Anlagen erheblich erweitern.

## Ziele und Innovationsgehalt

Das übergeordnete Ziel von SAR4SPEC ist die Entwicklung einer innovativen Entscheidungsgrundlage für die Effizienzüberwachung und Fehlererkennung in PV-Großanlagen auf Basis von Satelliten-SAR-Daten. Diese Entscheidungsgrundlage soll bestehende terrestrische Methoden ergänzen oder, wo möglich, ersetzen und eine kostengünstige und damit leicht zugängliche, skalierbare Lösung für die Zustandsüberwachung von PV-Modulen schaffen. Dies ist von entscheidender Bedeutung, um i) ein Höchstmaß an Effizienz und Zuverlässigkeit im laufenden Betrieb zu gewährleisten und ii) eine kosteneffiziente Wiederaufbereitung von gebrauchten PV-Modulen zu ermöglichen. Ziel ist es, einen Beitrag zu einem gangbaren Weg zu erneuerbarer, nachhaltiger und erschwinglicher Energie zu leisten.

Die methodischen und technologischen Aspekte und wissenschaftlichen Forschungsfragen, die behandelt werden sollen, sind:

1. Durchführung von terrestrischen Messungen im Labor
2. Entwicklung effektiver Algorithmen für die Datenverarbeitung
3. Entwicklung von Effizienz- und Fehlererkennungsmodellen
4. Validierung der Messgenauigkeit

## Gewünschte Ergebnisse oder Erkenntnisse

Auf der Grundlage einer systematischen Untersuchung verschiedener Zustände von PV-Modulen unter Labor- und realen Bedingungen wird SAR4SPEC Belege dafür liefern, unter welchen Umständen SAR-basierte PV-Effizienzüberwachungs- und PV-Fehlererkennungssysteme unter Verwendung von Sentinel-1-Daten machbar sind. SAR4SPEC wird auch untersuchen, ob und wann die räumliche Auflösung von HR-Daten der begrenzende Faktor bei der Überwachung bestimmter großer Solarparks ist und ob dies durch die Verwendung von VHR-Daten abgemildert werden kann oder nicht.

## **Abstract**

### Initial situation and problems

In order to achieve the goal of limiting global warming to well below 2 degrees Celsius, emissions need to be drastically cut especially in the energy sector. The use of solar power is one main pillar to achieve this goal. Currently, there are over 4 billion photovoltaic (PV) modules installed worldwide, converting sunlight into electrical energy every day. Due to the rapid expansion in recent years, approximately 3 million modules are added to this number daily.

This positive development in itself raises two questions:

1. How to ensure a maximum efficiency of the PV systems?
2. What happens to this vast amount of PV panels after their (first) lifecycle?

To answer both questions, efficient and effective methods are needed to i) monitor the energy yield of PV modules and ii) detect faults to enable the most resource-efficient reuse or recycling of faulty PV modules.

At present, the monitoring and detection of faults in large-scale PV systems heavily rely on scrutinising the current and

voltage parameters within individual string units. The existing methods primarily relying on current and voltage data have limitations in precisely localising and identifying faults. In cases where anomalies are detected, the recourse typically involves the utilisation of drones equipped with IR cameras or visual inspections. Yet, these methods are labour-intensive, expensive, and unsuitable for frequent, periodic evaluations due to their resource-intensive nature.

Alternatively, SAR satellites, with their capability for regular and widespread observation, have the potential to enhance fault localization and identification. By providing continuous positional and state-related information, SAR satellites could significantly augment the monitoring capabilities of PV systems, offering a more cost-effective and frequent solution compared to the current methodologies.

#### Goals and innovation content

The overall goal of SAR4SPEC is to develop an innovative decision-making basis for monitoring and detecting faults in large-scale PV systems using satellite SAR data. This decision-making basis should complement or, where possible, replace existing terrestrial methods and create a cost-effective and thus highly accessible, scalable solution for monitoring the condition of PV modules. This is crucial to ensure i) maximum efficiency and reliability in ongoing operations and ii) to enable cost-effective refurbishment of used PV modules for a potential second lifecycle in the future. The aim is to contribute to a viable path towards renewable, sustainable and affordable energy.

The methodological and technological aspects and scientific research questions to be addressed are:

1. Carrying out terrestrial measurements in the laboratory
2. Development of effective algorithms for data processing
3. Development of efficiency and fault detection models
4. Validation of measurement accuracy

#### Desired results or findings

Based on a systematic survey of different states of PV modules under laboratory and real world conditions, SAR4SPEC will come up with clear evidence under which circumstances SAR based PV efficiency monitoring and PV fault detection systems are feasible using Sentinel-1 data. SAR4SPEC will also investigate if and when the spatial resolution of HR data is the limiting factor in monitoring certain large solar parks and whether this can be mitigated by the usage of VHR data or not.

#### **Projektkoordinator**

- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

#### **Projektpartner**

- Technische Universität Graz
- 2nd Cycle FlexCo