

# Kurzbericht gemäß NKBF 98 zum Verbundprojekt Profi-Wind-Radar

ZE:	IMST GmbH	Förderkennzeichen:	03EE2035D
Autor:	Jürgen Kassner	Vorhabenbezeichnung:	Profi-Wind-Radar
Laufzeit:	01.06.2021 – 31.05.2024		

## 1. Aufgabenstellung

Im Projekt PROFI-WIND-RADAR sollen strukturelle Veränderungen bzw. Beschädigungen an Rotorblättern von Windkraftanlagen durch Radarsignale im Frequenzband um 35 GHz während des Betriebs der Anlage erkannt werden. Voraussetzungen dafür sind eine geeignetes Radarsystem zur Aufnahme und Digitalisierung der Radarsignale sowie eine Signalauswertung, die sowohl die Veränderungen und Schädigungen der Rotorblätter erkannt, als auch die Rotorblätter anhand ihrer ursprünglichen Beschaffenheit voneinander unterscheiden kann. Sind die technischen Voraussetzungen entwickelt und erfüllt worden, ist die Durchführung von umfangreichen Feldtests ein weiteres, wichtiges Projektziel. Nach Akquisition umfangreicher Daten kann die KI angelernt und ausgewertet werden. Am Ende des Projektes soll demonstriert werden, dass relevante Veränderungen/Schäden an Rotorblättern erkannt und gemeldet werden können.

## 2. Konsortium

Das Profi-Wind-Radar-Konsortium besteht aus 6 Projektpartnern aus Industrie und Forschung, die unterschiedliche Fähigkeiten mitbringen und sich bei den Arbeiten ergänzen:

- IMST GmbH,
- Goethe-Universität Frankfurt (GUF),
- cp.max Rotortechnik GmbH & Co. KG,
- Fraunhofer LBF,
- KNOWTION,
- BOREAS.

## 3. Durchgeführte Arbeiten

Basierend auf den Anforderungen der Projektpartner, konnten die Randbedingungen bzw. Spezifikationen für das zu entwickelnde Sensorsystem definiert werden. Weitere Parameter wurden mit dem Ziel definiert, möglichst viele Freiheitsgrade während der geplanten Messungen im Labor sowie im Windpark zu ermöglichen, um auf unerwartete Situationen reagieren zu können.

Ausgehend von den Systemspezifikationen konnte anschließend mit dem Entwurf des Sensorkonzeptes begonnen werden. Die Wahl fiel auf das Frequency-Modulated-Continuous-Wave (FMCW) Verfahren, bei dem der verwendete Frequenzbereich über eine Frequenzrampe abgefahren wird. Aus Sensorsicht hat dieses Verfahren den Vorteil, dass es breitbandig und rauscharm ist und für schnell bewegliche Ziele oder dynamisch veränderliche Messsituationen eingesetzt werden kann. Für die gleichzeitige Nutzung von zwei orthogonalen Antennen wurde das System mit einem Sende- und zwei Empfangskanälen ausgestattet. Da in dem geplanten Frequenzbereich um 35 GHz keine integrierten Radarchips verfügbar waren, wurde das System aus marktverfügbaren Schaltungskomponenten als hybrider Aufbau geplant. Die aktiven Komponenten der Signalerzeugung, die Verstärker und die Mischer wurden als gehäuste, marktübliche Schaltungsteile für die PCB-Montage selektiert. Für die Auswahl waren hauptsächlich der Frequenzbereich aber auch die Linearität, die Anpassung und die Kosten der Komponenten entscheidend. Die passiven Schaltungsteile wie Teiler, Filter und Antenne wurden passend zum gewählten HF-PCB-Material mit dem Imst eigenen FDTD-Simulator EMPIRE XPU™ entworfen. Die Frontendplatine mit aktiven und passiven Schaltungsteilen wurde mit Hilfe des Softwaretools Altium-Designer als 6-lagiges PCB-Design realisiert. Die extern gefertigten Platinen wurden anschließend bei IMST im Hause bestückt und getestet. Neben dem Radar-Frontend besteht der Radarsensor aus einem Backend, welches primär in Parallelprojekten entwickelt wurde. Fünf Sensoren wurden am IMST aufgebaut und erfolgreich getestet, wovon drei an die Universität Frankfurt (GUF) für den Einsatz an den Wind-Energie-Anlagen (WEA) geliefert wurden.

Beim Partner GUF wurden die zugelieferten Radarsensoren jeweils in eine sogenannte Sensorbox integriert, welche an der WEA außen über Magnethalter befestigt werden konnte. In der Sensorbox befinden sich neben dem Radarsensor, eine Kamera, ein Lüfter zur Kühlung, ein Power-Over-Ethernet-Splitter und ein Raspberry Pi. Nachdem die vom IMST entwickelten Radarsensoren erfolgreich in die Sensorboxen eingebaut wurden, konnten diese für den Einsatz an drei Wind-Energie-Anlagen verwendet werden. Zunächst wurde die Funktionalität der Hardware und der Datenkommunikation über die angeschlossenen Messrechner in enger Kooperation mit dem Partner GUF getestet. Die Beschreibung der Radar-Datenformate und die Vorgehensweise zur Programmierung der Parameter der Radarsensoren wurden den Projektpartnern zur Verfügung gestellt und bei Bedarf angepasst. Benötigte Software und Dokumentation für den Betrieb der Radarsensoren wurde spezifisch für das Projekt überarbeitet und übermittelt. Die Sensorinstallation erfolgte planmäßig in der zweiten Hälfte 2022 und es konnten bis zum Projektende 3 Millionen Rotorblattdurchläufe aufgezeichnet werden.

Der Radarsensor liefert die Fourier-transformierten Ergebnisse als digitale Signale direkt auf die Ethernet-Schnittstelle als kontinuierlichen Datenstrom. Der Abstand zwischen Radarsensor und Rotorblatt ist typischerweise gut in der Amplitude des ausgewerteten Signals erkennbar. Die Amplitude des Radarsignals wurde als Trigger benutzt, um an passender Stelle mit der vorhandenen Kamera ein Bild des Rotorblatts aufzunehmen und den Datenstrom in Blöcke bei jedem einzelnen Rotorblattdurchlauf aufzuteilen. IMST war bei der Datenerfassung im Projekt beratend tätig und hat die Firmware und die Befehle zur Radarsteuerung entsprechend den Anforderungen der Partner Knowtion und GUF für die Verfahren zur Daten- und Schadensanalyse angepasst.