

## BladeWatch

Increasing Wind Power Availability through Energy-Autonomous Wireless Smart Sensors

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IKT der Zukunft, AI for Green, AI for Green 2021	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.10.2022	<b>Projektende</b>	31.12.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	39 Monate
<b>Keywords</b>	2		

### Projektbeschreibung

Windenergie ist eine nachhaltige, CO<sub>2</sub>-freie Energiequelle, welche durch Windkraftanlagen (WKA) in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Ein Hauptaugenmerk von Windkraftbetreibern liegt in der möglichst hohen Verfügbarkeit jeder einzelnen WKA, das heißt der Vermeidung von ungeplanten Ausfällen sowie der Minimierung der Dauer von geplanten Wartungsarbeiten. Systeme für die Zustandsüberwachung sind ein wichtiges Hilfsmittel um dieses Ziel zu erreichen, da sie vorab auf sich entwickelnde Fehler bzw. das Ende der Lebenszeit einzelner Komponenten Auskunft geben können.

Aktuelle Systeme für die Zustandsüberwachung struktureller Bauteile und der Rotorblätter nutzen vorrangig kabelgebundene Sensoren. Kabelgebundene Sensoren sind allerdings selber relevante Kosten- und Fehlerquellen, wodurch der Einsatz von Zustandsüberwachungssystemen limitiert wird. Vorteilhaft wäre der Einsatz autarker kabelloser Sensorknoten, welche die benötigte Energie selber sammeln und via Funkkanal kommunizieren. Obwohl solche Sensorknoten existieren, ist die gesammelte Energie typischerweise nicht ausreichend um den Funkkanal ständig zu betreiben. Diese führt zur aktuellen Situation, in der viele WKA nicht ausreichend überwacht sind, was zu unnötigen Ausfällen und überlangen ungeplanten Wartungsarbeiten führt.

Moderne Algorithmen aus dem Bereich des maschinellen Lernens (ML) bieten eine potentielle Lösungsmöglichkeit für dieses Problem. Mustererkennungsalgorithmen können multivariate Datenströme auf komplexe Muster überwachen, teilweise auch mit relativ geringer Rechenleistung bzw. Speicherbedarf (d.h. geeignet für Mikrocontroller wie sie auf Sensorknoten typischerweise eingesetzt werden). Im Bereich entsprechender Algorithmen (low-complexity multi-variate time series classification / regression) werden über die nächsten Jahre signifikante Fortschritte erwartet. Um von dieser Entwicklung profitieren zu können, müssen Entwicklern von Zustandsüberwachungssystemen allerdings zwei Fähigkeiten zur Verfügung stehen: (i) Das Verständnis für den Einfluss der Partitionierung des Algorithmus zwischen Sensorknoten und Zentralknoten (mit Stromversorgung) auf das Gesamtenergiebudget unter verschiedenen Systemkonfigurationen und Rahmenbedingungen, sowie (ii) die Fähigkeit schnell akkurate Energieabschätzungen für die auf dem Sensorknoten auszuführenden Teile des Algorithmus unter verschiedenen Partitionierungsvarianten zu erhalten.

Das Projekt BladeWatch schlägt die Erstellung eines Softwaretools zur Abschätzung des Energiebedarfs von

Zustandsüberwachungssystemen für WKA basierend auf kabellosen Sensorknoten vor. Das Projekt BladeWatch kombiniert vorhandene Expertise in Entwurf und Vermarktung von Zustandsüberwachungssystemen für WKA (eologix), das Verständnis für ML-basierte Algorithmen zur Mustererkennung in multivariaten Datenströmen (Know-Center), sowie der automatischen Codegenerierung für eingebettete Systeme (MCL).

Das vorgeschlagene Entwurfswerkzeug ermöglicht das Überbrücken des großen Abstandes zwischen neu entwickelten Algorithmen und der täglichen Arbeit von Architekten von Zustandsüberwachungssystemen für WKA basierend auf kabellosen Sensorknoten. Es wird eologix ermöglichen viele Systemkonfigurationen in kurzer Zeit zu evaluieren und dabei auch jeweils neue Komponenten zur Energiegewinnung, -speicherung und Kommunikation sowie aktuellster Algorithmen miteinzubeziehen.

## **Abstract**

Wind provides a clean (CO<sub>2</sub>-neutral) and sustainable source of energy, exploited as electrical energy generated by wind turbines. A prime objective of wind turbine operators is to maximise each turbine's up-time, i.e. avoiding any unplanned interventions and keeping the planned ones as short as possible. Wind turbine condition monitoring systems (CMS) are a key tool to achieve minimal down-time by providing early warning indicators and identifying developing faults.

Current wind turbine CMS monitoring structural integrity, mechanical properties and blade integrity most often use wired sensors. Wired sensors are however a source of additional cost (mounting, cables), faults (cable breaks), weight and overall limit the number of sensors. The preferable solution for continuous monitoring of wind turbines are energy-autonomous wireless sensor nodes (WSNs). Although energy-autonomous WSNs exist, the amount of harvested energy (solar, vibration, ..) usually is not sufficient to support the energy needed by a wireless link in continuous operation. This leads to the current situation that wind turbines are not sufficiently monitored, leading to unnecessary downtimes due to unplanned - yet avoidable - maintenance.

Modern algorithms from the field of machine learning potentially come to the rescue, allowing monitoring of multi-variate data streams for complex patterns, some even on resource-constrained devices (i.e. microcontrollers with limited memory and/or compute power and/or power supply). Significant advances are expected in the domain of low-complexity multi-variate time series classification and regression over the coming years. The two key capabilities to benefit from this development, i.e. to understand if any new algorithm allows to design a CMS based on energy-autonomous WSNs are (i) the ability to explore partitioning of the algorithm between WSN and central node (connected to the power grid) under different activity schemes (harvesting, storage, RF, ..) with respect to the total power budget and, as a sub-task of the former, (ii) the ability to quickly generate accurate energy estimates for the algorithm partition foreseen to be executed on the WSN, allowing to sample the effect of different algorithm variants and partitioning schemes.

BladeWatch suggests creation of a software framework for power budget estimation of WSN-based wind turbine CMS, combining the expertise of wind turbine condition monitoring (eologix), classifier/regressor investigation, selection and partitioning (Know-Center) and automatic code generation for constrained devices (MCL).

The suggested software tool will bridge the gap between algorithmic research and the daily work of system designers of WSN-based condition monitoring systems for wind turbines. It will enable eologix to map to a much wider extent and in

much less time than possible today all design options including new harvesting, storage and transmission components as well as latest algorithms.

### **Projektkoordinator**

- Materials Center Leoben Forschung GmbH

### **Projektpartner**

- Know Center Research GmbH
- eologix sensor technology flexco