IMMS

INSTITUT FÜR MIKROELEKTRONIK- UND MECHATRONIK-SYSTEME GEMEINNÜTZIGE GMBH

Edge KI Systeme für die vorausschauende Instandhaltung

Elmug4Future, Friedrichroda 18.10.2023

Inhalt

- **Was ist ein Edge-System?**
- Edge KI - künstliche Intelligenz am Rand des Netzwerks
- Beispiele und Anwendungen von Edge-KI-Systemen

©

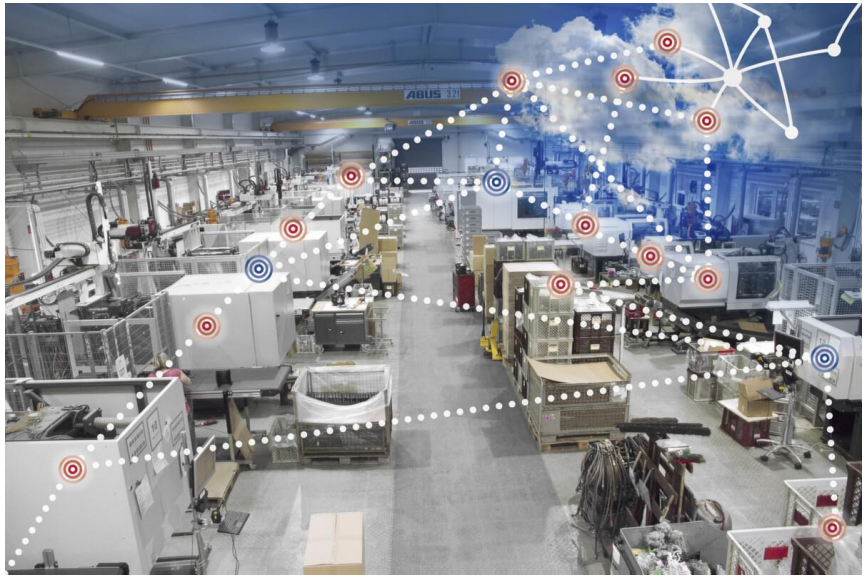
Was ist ein Edge-System?

- Als „Edge“ bezeichnet man im Bereich Computing den äußersten Rand eines technischen Informationsnetzwerks, an dem die virtuelle Welt eines Computernetzwerks auf die reale Welt trifft.
- Edge Computing bedeutet, dass erfasste Daten nicht erst zur zentralen Verarbeitung auf einem Server weitergeleitet, sondern bereits an Ort und Stelle verarbeitet werden. So kann ein Mikroprozessor direkt aus den erfassten Messdaten entsprechende Aktionen ableiten und die Aktuatoren ansteuern.
- Anbindung an OT und IT Netzwerke
- Systeme unterschiedlicher Leistungsklassen:
  - Von leistungsfähigen X86 Systemen bis ARM Mikrocontrollern
  - Spezielle Hardware – z.B. Google TPU

© IMMS

Beispiele

- Maschinensteuerung
  - Steuerung von Maschinen und Robotern in Echtzeit
- Vorausschauende Wartung
  - Erkennung von frühzeitig Anomalien und Verschleißerscheinungen durch kontinuierliche Überwachung
- Qualitätskontrolle
  - Verwendung von Kameras und Bildverarbeitungsalgorithmen, um Produkte auf Qualitätsmängel zu überprüfen.
- Prozessoptimierung
  - Durch die kontinuierliche Erfassung und Analyse von Prozessdaten Optimierung von Produktionsprozessen und effizienter Ressourceneinsatz.



Foto, 3D Schilling, Bearbeitung durch IMMS

©

Inhalt

- Was ist ein Edge-System?
- **Edge KI - künstliche Intelligenz am Rand des Netzwerks**
- Beispiele und Anwendungen von Edge-KI-Systemen

©

Edge KI - künstliche Intelligenz am Rand des Netzwerks

- Edge KI verbindet das Edge Computing mit dem Themengebiet der Künstlichen Intelligenz
- Die breite Verfügbarkeit von Daten und Rechenleistung in der „Cloud“ hat zu großen Fortschritten im Bereich der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens geführt. Durch die nahezu unbegrenzt verfügbare Datenverarbeitungskapazität in der Cloud, kann man heute immer umfangreichere künstliche Neuronale Netze für anspruchsvolle Aufgaben trainieren. (z.B. Erkennung und Verarbeitung natürlicher Sprache)
- Für die reine Ausführung (Inferenz) trainierter Neuronaler Netze wird wesentlich weniger Rechenleistung als für das Trainieren selbst benötigt. Dies und moderne Hardwarearchitekturen ermöglichen das effiziente abbilden solcher Netze auf „Embedded Systems“.

©

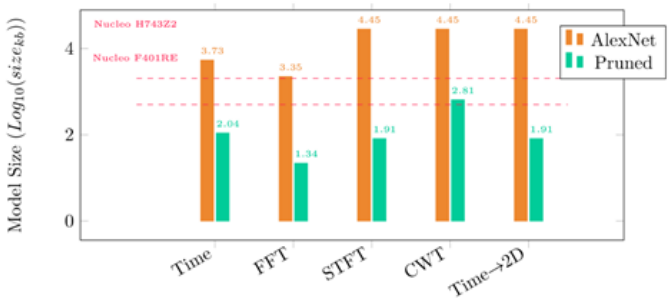
Vorteile von Edge-KI

- Echtzeitverarbeitung / niedrige Latenz
  - keine Verzögerung durch Übertragung der Daten zur Cloud
- Datenschutz und Sicherheit
  - sensible Daten werden lokal gehalten und verarbeitet
- Bandbreitenentlastung
  - Verringerung der Datenkommunikation, Möglichkeit Offline zu Arbeiten
- Skalierbarkeit / Redundanz
  - verteilte Systeme zur Skalierung bzw. um Redundanz zu erzeugen
- geringerer Energieverbrauch

© IMMS

Besonderheiten bei der Inferenz auf Edge Systemen

- begrenzte Ressourcen
  - Edge-Systeme verfügen normalerweise über begrenzte Rechen- und Speicherressourcen im Vergleich zu leistungsstarken Cloud-Servern.
- Modelloptimierung
  - KI-Modelle müssen so optimiert werden, dass sie auf den begrenzten Ressourcen des Edge-Geräts laufen können, ohne an Genauigkeit zu verlieren. Dies kann durch Quantisierung, Pruning und andere Techniken erreicht werden.
- Aktualisierungen und Wartung
  - Edge-Systeme können schwer zugänglich sein, was Aktualisierungen und Wartung erschweren kann. Es muss eine Möglichkeit zur Fernwartung und Aktualisierung der KI-Modelle vorhanden sein.



© IMMS

Edge-KI vs. Cloud

- Vergleich Cloud-, Mobil- und Embedded Systeme zur Berechnung von KI-Modellen
- zusätzlich noch Energie für Transfer der Daten notwendig

Plattform	Architektur	Speicher	Speicher (nicht-flüchtig)	Leistung	Preis
Cloud z.B. Nvidia V100	GPU Nvidia Volta	HBM 16GB	SSD / HDD TB - PB	250W	~8000€
Mobilphone	CPU Arm Cortex-A78	DRAM 4GB	Flash 64GB	~8W	200€ – 800€
Embedded (Tiny) z.B. STM32L4, Arduino Nano	MCU Arm Cortex-M4	SRAM 256kB	eFlash 1MB	~0,05W	~3€

© IMMS

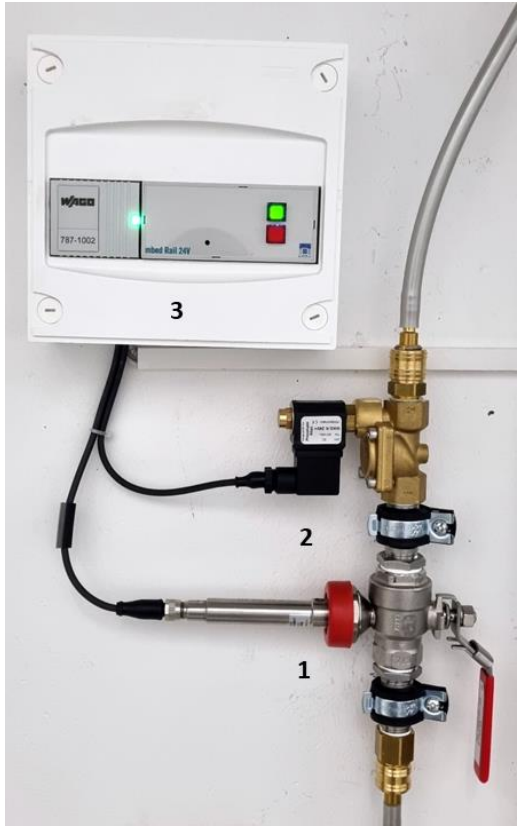
Inhalt

- Was ist ein Edge-System?
- Edge KI – künstliche Intelligenz am Rand des Netzwerks
- **Beispiele und Anwendungen von Edge-KI-Systemen**

©

Stationäre Druckluftüberwachung am IMMS

- Überwachung an der Drucklufterzeugung
  - Energieaufnahme des Kompressors
  - Volumenstrom Druckluft
  - Preisberechnung der erzeugten Druckluft
- Überwachung an der Verteilung in einem Labor und der Werkstatt
  - Volumenstrom Druckluft
  - Magnetventil
  - Kommunikation mit Basiseinheit über MQTT

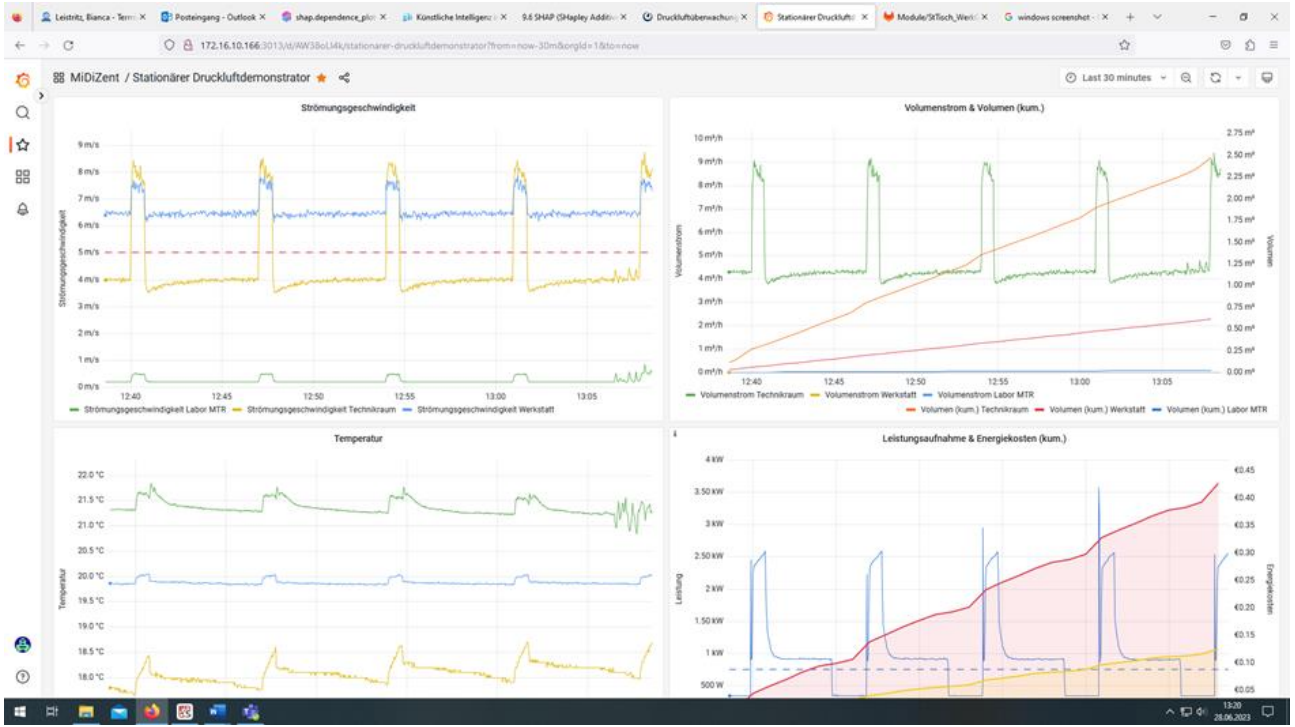


Fotos, IMMS

© IMMS

Stationäre Druckluftüberwachung am IMMS

- Visualisierung der aufgenommenen Daten
- Volumenstrom der Druckluft
- Leistungsaufnahme und Energiekosten

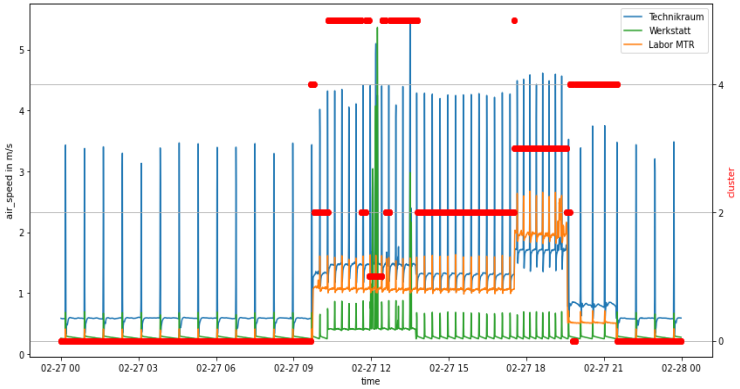


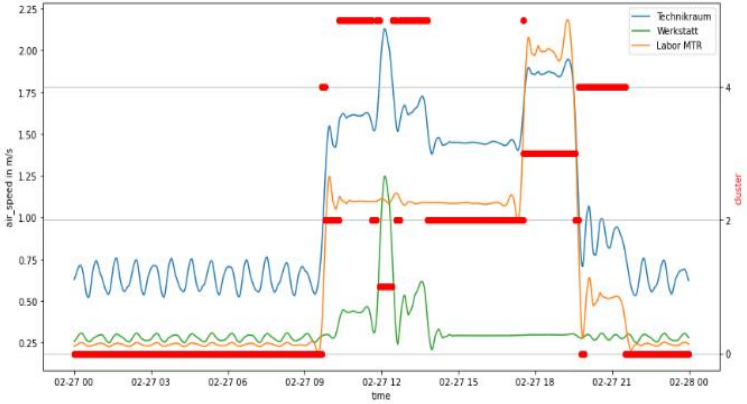
© IMMS

Stationäre Druckluftüberwachung am IMMS

- Clustering der ungelabelten Daten mit verschiedenen Methoden
- K-Means
- BGM (Bayesches Gaußsches Mischverteilungsmodell)
- DBScan (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)
- Featurebasiert (z.B. DWT) und auf Rohdaten

- Ereignisse lassen sich gut gruppieren und mit weiteren Verfahren (z.B. LOF) unerwünschte Ereignisse detektieren





© IMMS

SONAPHONE

- SONAPHONE als mobile Lösung zur Detektion von Leckagen
- Android Betriebssystem für bekanntes “Look and Feel”
- Wandlung der Ultraschallsignale im Sensor
- FPGA zur Vorverarbeitung der digitalisierten Ultraschallsignale
- graphische Darstellung des Pegelverlaufs und Spektrogramms
- Verfahren zur Hörbarmachung der Ultraschallsignale
- Platz 3 beim TÜV-Süd Innovationspreis 2019

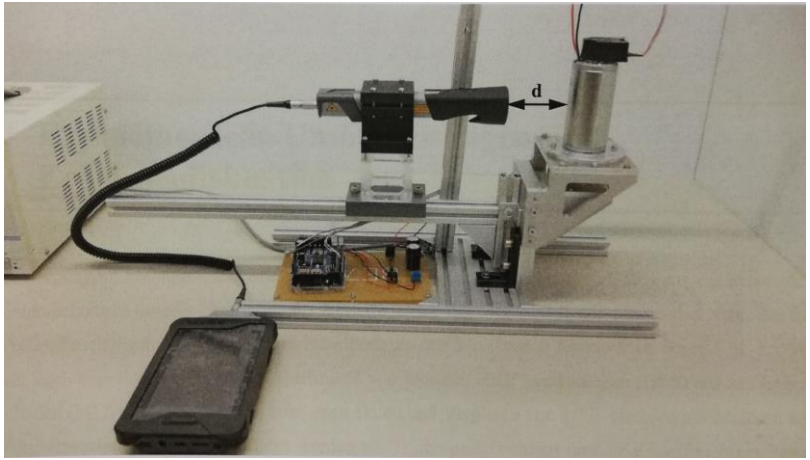
Foto: SONOTEC GmbH

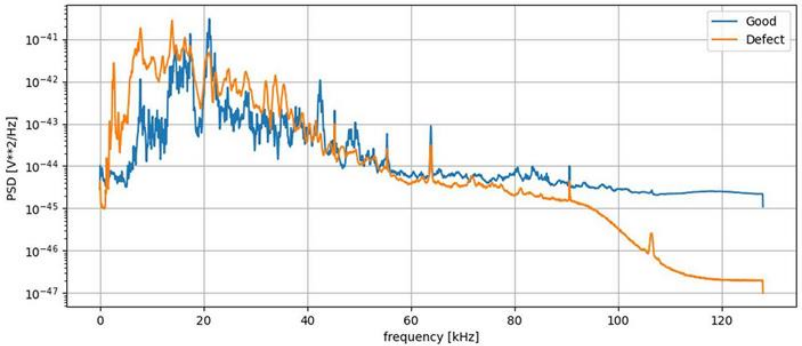
Foto: TÜV Süd, Conny Kurz

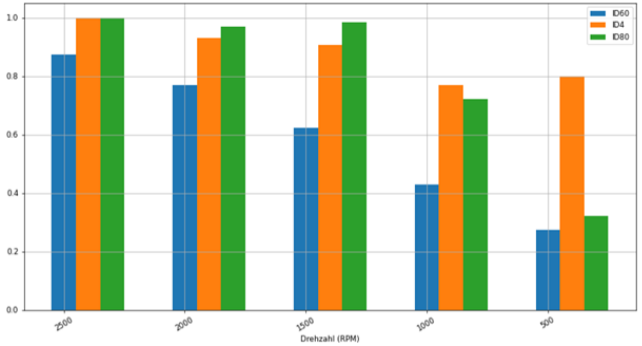
© IMMS

Beispiel - Analyse von DC Motoren

- Nutzung von Ultraschall für die Zustandsvorhersage - SONAPHONE
- Kombination von Ultraschall und KI
- Unterschiede im Frequenzverlauf von guten und defekten Motoren
- Bei 2500 RPM – 90% Erkennergenauigkeit







© IMMS

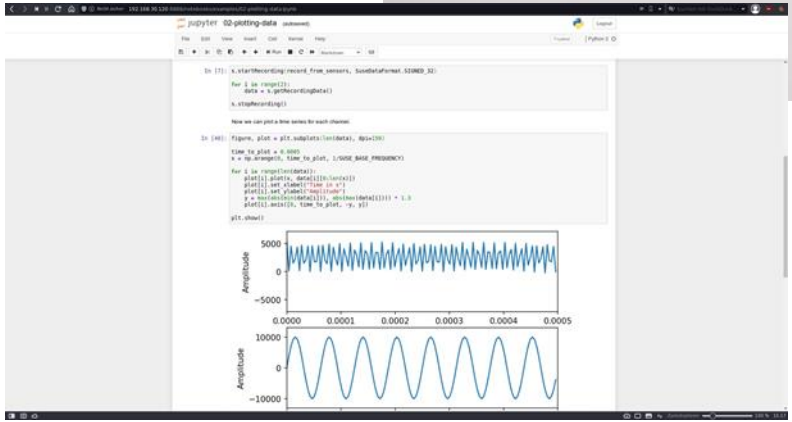
sUSe Plattform

- Stationäre Modulare Sensorplattform
- unterschiedliche Schnittstellenmodule für spezifische Anpassungen und Einbindung von Sensoren (z.B. Ultraschall, Volumenstrom)
- modulares Software-Konzept zur Integration applikationsspezifischer Komponenten zur Signalauswertung

© IMMS

sUSe Plattform

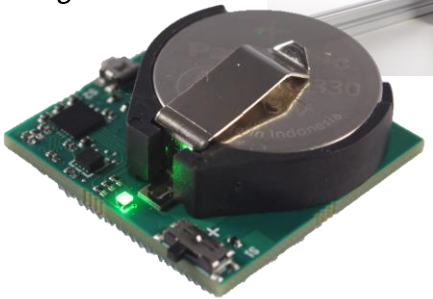
- Datenaufnahme der Ultraschallkanäle
- Auswertung der Daten – Analyse der DC Motoren
- Berechnung der Features
- Training eines CNN auf der Plattform
- Visualisierung der Ergebnisse



© IMMS

Demonstrator Lüfterüberwachung

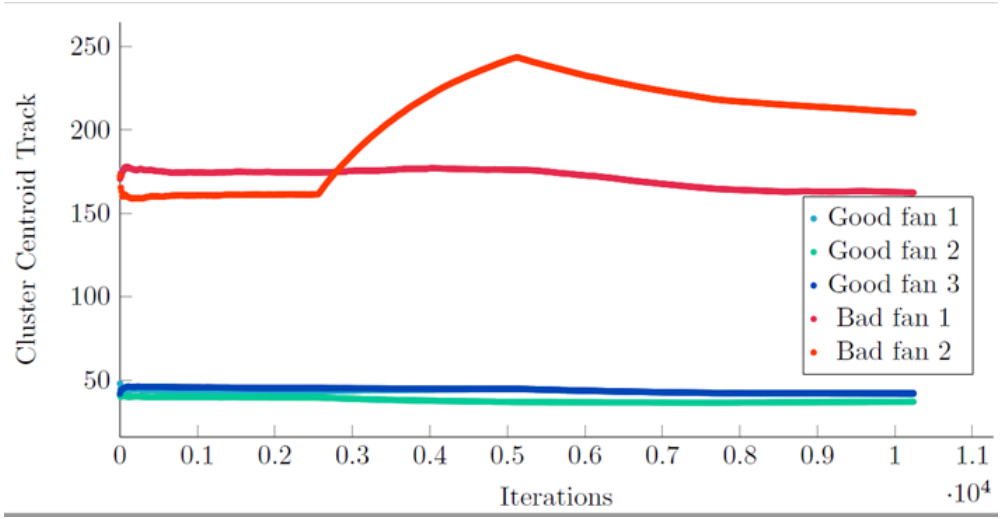
- **Miniaturisierter Smart Sensor mit integrierter KI** als drahtlose Nachrüstlösung zur Überwachung von Lüftern
  - Energieeffiziente Implementierung
    - Optimierung der neuronalen Netze (Pruning, Quantisierung)
  - E2E, Autoencoder und Klassifizierung
  - Feature-Basiert, FFT zur Berechnung der Merkmale + Support-Vector-Machine zur Klassifizierung
  - Anomaliedetektion



© IMMS

Demonstrator Lüfterüberwachung

- Retraining auf dem Sensor
  - K-Means Clustering
  - Nur 2 Cluster notwendig
  - Beim Online Training werden 200 Iterationen durchgeführt
  - Dauer der Berechnung auf dem Sensor ca. 7 – 10s



© IMMS

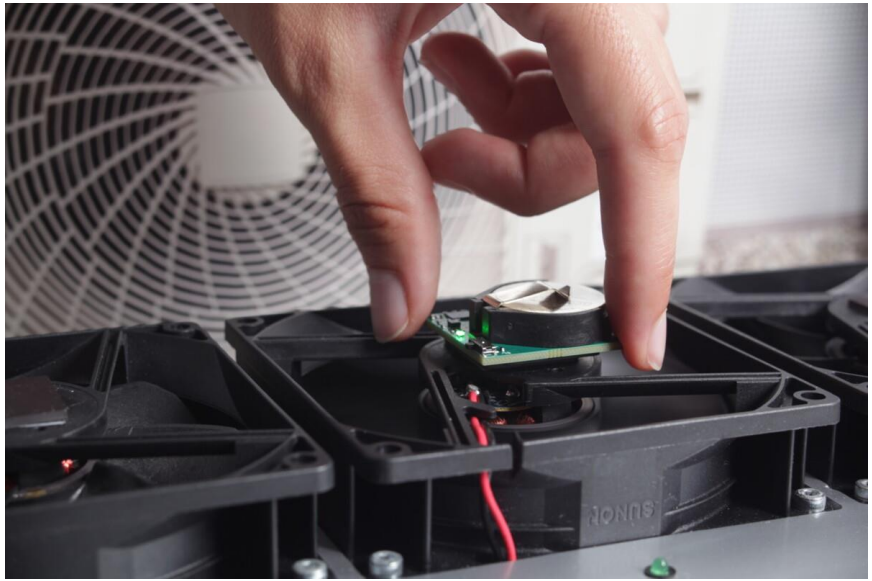
Demonstrator Lüfterüberwachung

©

IMMS

Wir erforschen & entwickeln KI-Lösungen

- Zustandserkennung und vorausschauende Wartung an Maschinen
- KI auf eingebetteten Systemen (Embedded AI)
  - Optimierung und Implementierung von Signalverarbeitung- und KI (ML) – Algorithmen
- Messsystem(e) (Vibration, Ultraschall, ….)
- Datenanalyse
- Signalverarbeitung (Feature Extraktion)



©

IMMS

Fragen

https://pixabay.com/de/illustrations/fragezeichen-wichtig-unterzeichnen-1872665/

©

IMMS

An den nächsten Ideen für die Zukunft möchten wir gern gemeinsam mit Ihnen arbeiten!

IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS GmbH)
Ehrenbergstr. 27, 98693 Ilmenau, Germany, Tel: +49 3677-8 749300, Fax: +49 3677-8 749315, **www.imms.de**
Sebastian Uziel, Sebastian.Uziel@imms.de, Tel. +49 3677 – 8 74 93 77

© IMMS