Digitalisierung von Bestandsanlagen
Ein Praxis-Check

Leander B. HÖRMANN

Digitalisierung von Bestandsanlagen - Ein Praxischeck

Agenda

- Motivation
- Digitaler Datenverarbeitungskreislauf
- Schlüsseltechnologien für Digitalisierung
- Digitalisierung als Idealprozess
- Ausgewählte Beispiele

Digitalisierung von Bestandsanlagen - Ein Praxischeck

Motivation

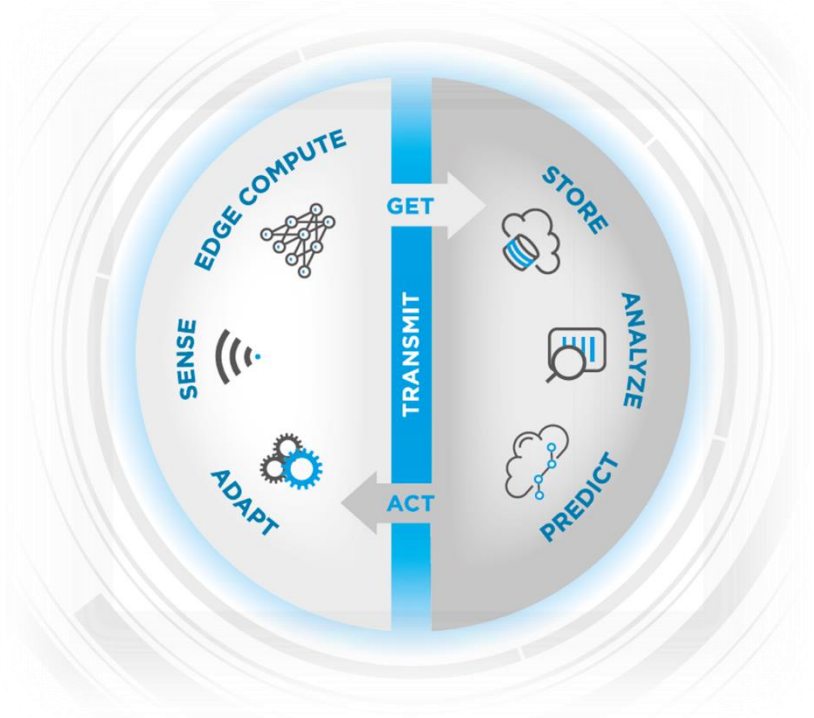
- Re-Industrialisierung Europas
  - Alternative und “lokale” Produktions- und Versorgungsketten
  - Resilient gegen kurzfristige Störungen und längerfristige Krisen
- Transition der Industrie zu einer ökologischen und digitalen Ökonomie
  - Industrielle Resilienz
  - Ökologische Verantwortung
- Optimierung von Prozessen und Produktion
  - Ressourcenschonend und energieeffizient
  - Hochproduktiv
  - Flexibel und agil

→ Digitalisierung als Lösung
  - Zusätzliche Sensoren und Digitale Zwillinge
  - Wireless Communication und IoT

Digitalisierung von Bestandsanlagen

Digitaler Datenverarbeitungskreislauf

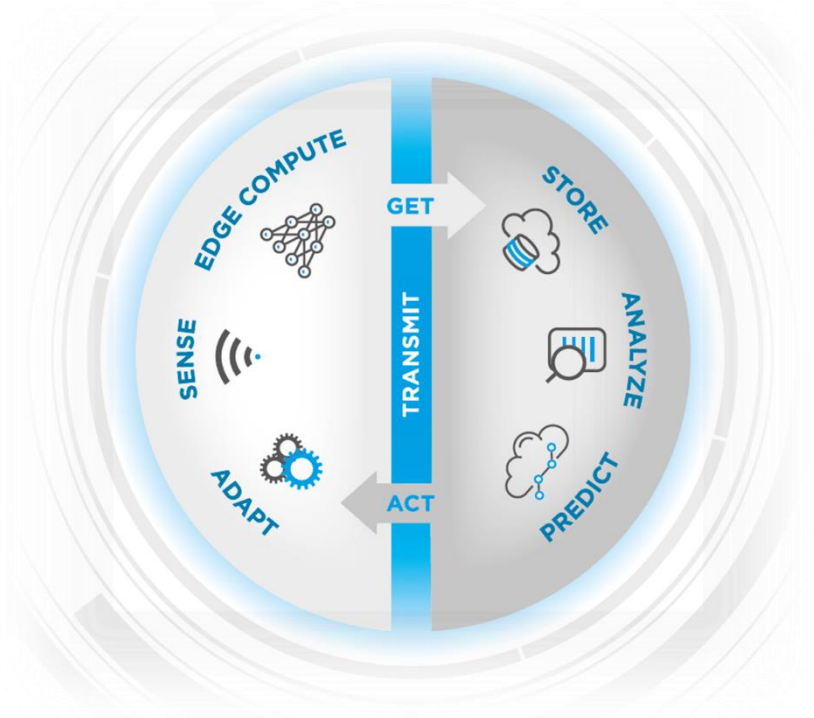
- Sense
  - Erfassung physikalischer Größen einer Anlage durch Sensoren
- Edge Computing
  - Intelligente Vorverarbeitung am Sensor
  - Schnelle Erkennung bestimmter Ereignisse
  - Reduzierung des Datenvolumens
- Transmit / Get
  - Übertragung der Daten zu einem übergeordneten System
- Store
  - Speicherung der Sensordaten



Digitalisierung von Bestandsanlagen

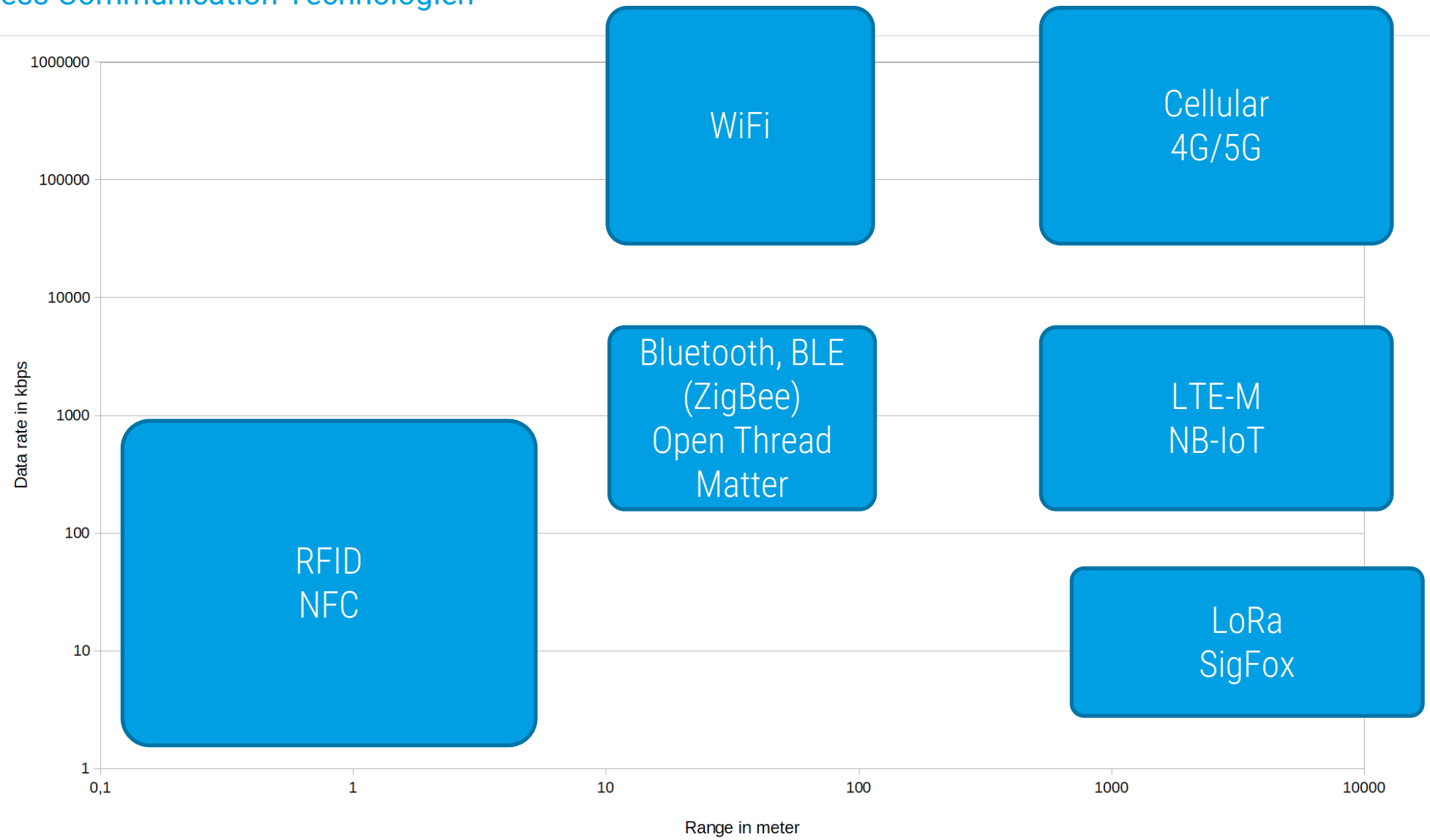
Digitaler Datenverarbeitungskreislauf

- Analyze
  - Intelligente, anwendungsspezifische Verarbeitung und Visualisierung
- Predict
  - Vorhersage zukünftiger Prozess- und Systemzustände
  - Predictive Maintenance
- Transmit / Act
  - Übertragung von Parametern oder Kommandos zurück zur Anlage
- Adapt
  - Optimierung der Anlagenparameter
  - Steigerung der Effizienz



Schlüsseltechnologien für Digitalisierung

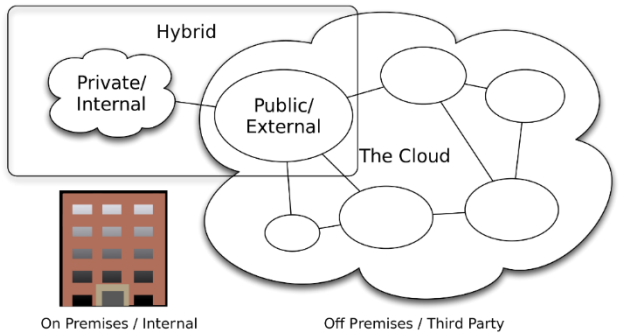
Wireless Communication Technologien



Schlüsseltechnologien für Digitalisierung

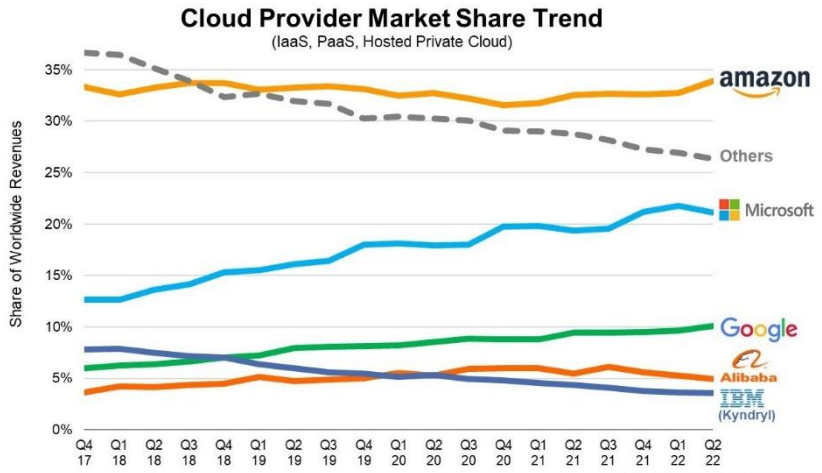
Cloud Computing und Big Data

- Cloud-Dienstleistungsmodelle
  - Infrastructure-as-a-Service (IaaS)
  - Platform-as-a-Service (PaaS)
  - Software-as-a-Service (SaaS)
- Bereitstellungsmodelle
  - Private Cloud
  - Public Cloud
  - Hybride Cloud
- Cloud Provider



Cloud Computing Types

CC-BY-SA 3.0 by Sam Johnston



Source: https://www.prnewswire.com/news-releases/q2-cloud-market-grows-by-29-despite-strong-currency-headwinds-amazon-increases-its-share-301595858.html

Cloud Clients
Web browser, mobile app, thin client, terminal, …

FaaS
Serverless computing, on demand execution, service-hosted remote procedure call …

SaaS
CRM, Email, virtual desktop, communication, games, …

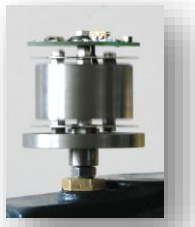
PaaS
Execution runtime, database, web server, development tools, …

IaaS
Virtual machines, servers, storage, load balancers, networks, …

Schlüsseltechnologien für Digitalisierung

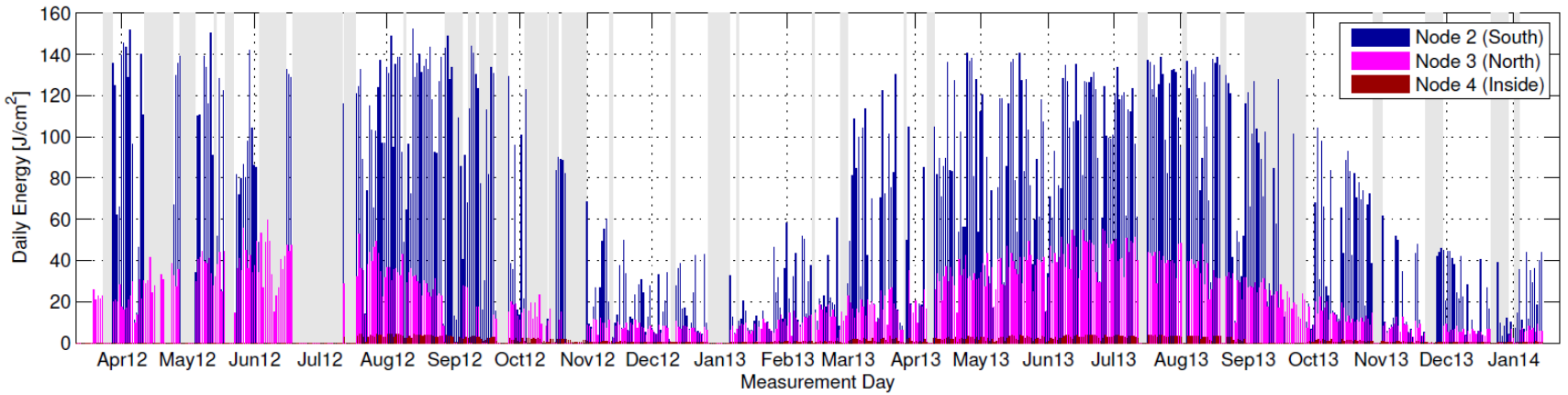
Energy Harvesting

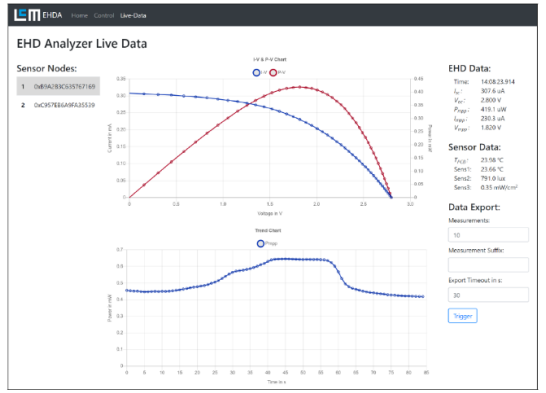
- Hohe Wartungskosten reduzieren
  - Kein Batterietausch oder Abschalten des Prozesses
- Hohe Installationskosten vermeiden
  - Keine Verkabelung notwendig
  - Gut geeignet für Retrofitting
- Unzugängliche Installationsort
  - Rotierende Teile und Wellen
  - Hochspannungsanwendungen
- Mögliche Energiequellen
  - Licht (elektromagnetische Strahlung)
  - Temperaturgradienten
  - Kinetische Energie (z.B. Vibration, Rotation)
  - Induzierte Energie (z.B. passives RFID)



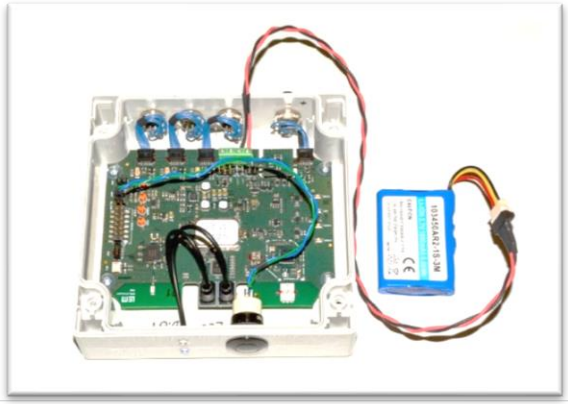
Solar Energy Harvesting

Zeitreihe und Einfluss unterschiedlicher Anbringungsorte



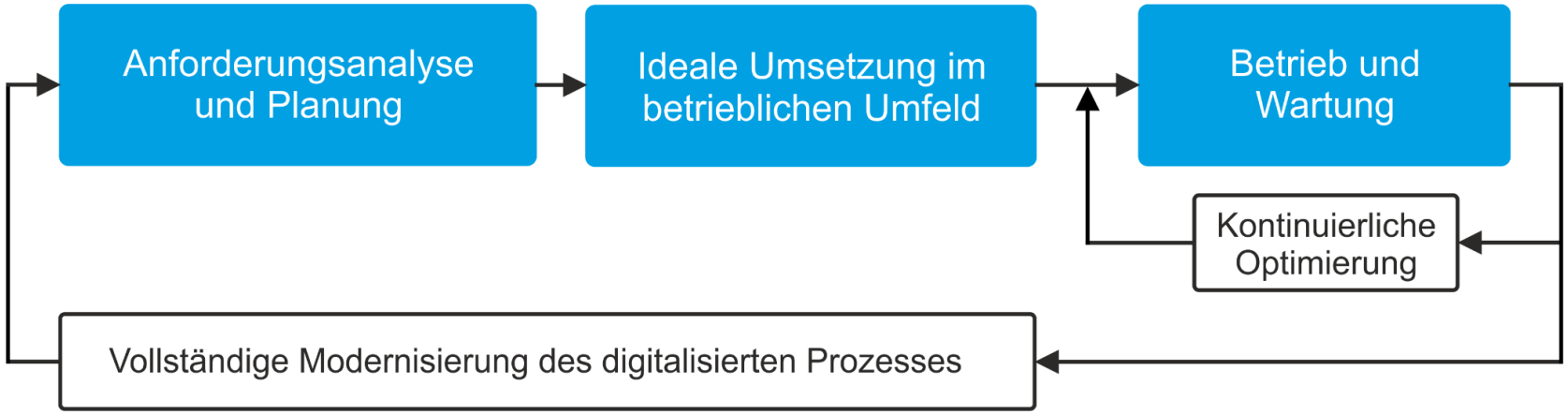


- Verlauf der täglich verfügbaren Energie
  - Outdoor: Südseite, Nordseite + Indoor
- Kontinuierliche Versorgung muss gewährleistet sein
  - Energiespeicherung notwendig
  - Charakterisierung für die Zielanwendung sinnvoll



Digitalisierung von Bestandsanlagen

Digitalisierung als Idealprozess

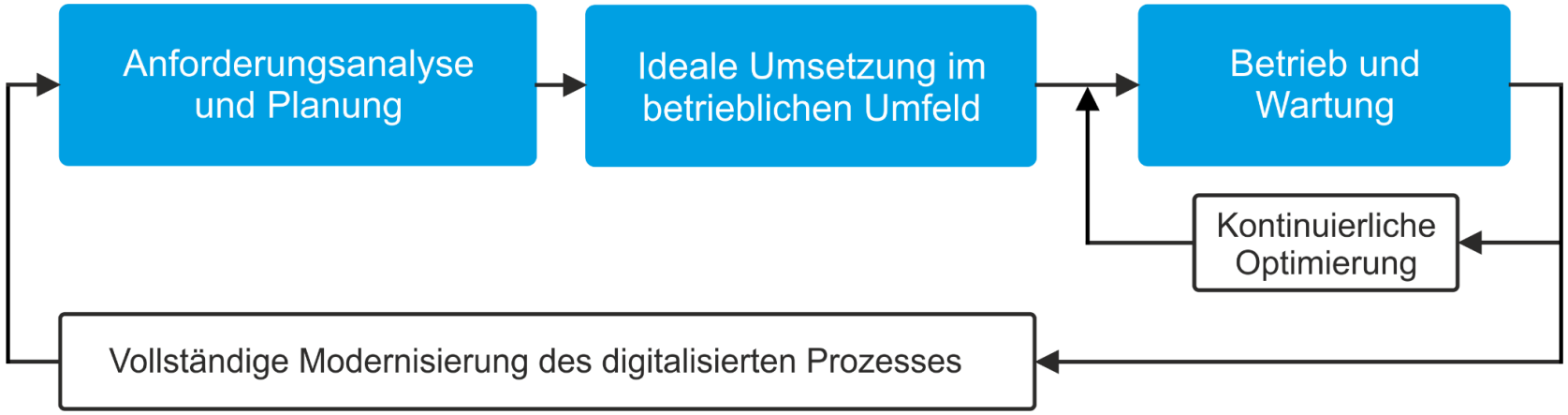


- Anforderungsanalyse
  - Definition der Ziele
  - Erfassung des IST-Zustandes
    - Gegebener Prozess/Produktion
    - Infrastruktur
    - Schnittstellen

- Planung
  - Berücksichtigung laufender Prozesse
  - Mitarbeiter mit einbeziehen
  - Finanzierung
  - Synergieeffekte durch steigenden Grad der Digitalisierung

Digitalisierung von Bestandsanlagen

Digitalisierung als Idealprozess



- Umsetzung
  - Vorhandenes Know-how der Mitarbeiter berücksichtigen
  - Infrastruktur modernisieren
  - Anbindung der Maschinen & Anlagen
  - Datensicherheit und Datenschutz
  - Testphase

- Betrieb und Wartung
  - Reguläre Betriebsphase
  - Evaluierung
  - Kontinuierliche Optimierung
    - Prozesse und Produktion
    - Digitalisierungszustand

Digitalisierung von Bestandsanlagen

Anwendungsbeispiele im betrieblichen Umfeld

- Verbesserte Handhabung durch drahtlose Sensorik
  - Flexiblere Instrumentierung
  - Vermeidung von Verkabelungs- und Steckkontaktproblemen
  - Mobile Anwendungen möglich
- Logistik und Supply-Chain Management
  - Digitalisierung von Lieferketten
  - Automatisierte Erfassung des Warenverkehrs und Online-Monitoring
  - Automatische und bedarfsabhängige Transportausführung
    - Zusätzliche Sensorik zur Überwachung von Füllständen von Tanks oder Abfallcontainern

Digitalisierung von Bestandsanlagen

Anwendungsbeispiele im betrieblichen Umfeld

- Qualitätsmanagement
  - Optimierung täglicher Abläufe
  - Automatisierte Verfolgung von Proben
  - Überwachung kritischer Güter durch kontinuierlichen Überwachung kritischer Parameter (z.B. Kühlketten)
  - Kontinuierliche Erfassung der Produktionsparameter
  - Berücksichtigung von Qualitätsunterschiede natürlicher Rohstoffe
- Betriebszeit- und Garantieüberwachung
  - Transition der Businessmodelle zu X-as-a-Service
  - Überwachung der sachgemäßen Verwendung
- Energieoptimierung
  - Feingranulare Erfassung des Energieverbrauch
  - Simulationsunterstützte Prozessoptimierung mittels digitalem Zwilling

Digitalisierung von Bestandsanlagen

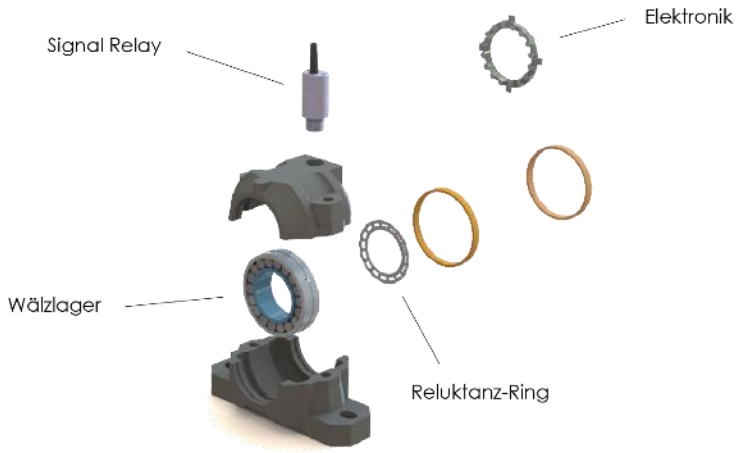
Neue Geschäftsmodelle

- Individuelle Produkte
  - Losgröße 1
  - Detailliertes Wissen über eigenen Produktionsprozess notwendig
- Pay-per-Use
  - Nutzungsorientierte Abrechnung
  - Kosten durch Nutzung von Maschinen, Anlagen bzw. Algorithmen
    - Zum Beispiel für Predictive Maintenance von Verschleißteilen
  - Abrechnung nach Nutzungsdauer
- Micropayments
  - Automatisierte Abrechnung von kleinsten Beträgen zwischen Maschinen(teilen)
  - Kann bei Pay-per-Use zum Einsatz kommen

Digitalisierung von Bestandsanlagen

Ausgewählte Beispiele

Modulares energieautarkes Sensorsystem



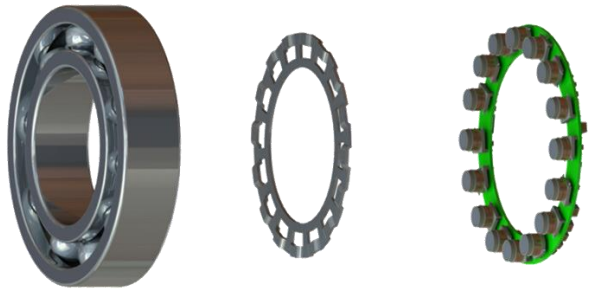
Hauptbestandteile Modulares Sensorsystem (MoSS)

Anforderung

- Erfassung von Messwerten direkt am Wälzlager
- Einfach Nachrüstbarkeit bei bestehenden Wälzlagern
- Wartungsfrei
- Einsatztemperatur bis 120°C
- Keine Signal- oder Energieleitung

Lösung

- Hochrobustes Sensorsystem in Ringform
- Vorverarbeitung der Sensordaten auf der MoSS Elektronik
- Übertragung der Sensordaten via Bluetooth
- Energy-Harvesting zur autonomen und wartungsfreien Energieversorgung
- Signalrelay zur Überbrückung metallischer Kapselungen beim Einbau



Wälzlager, Reluktanzring, unvergossenes PCB

NKE BEARINGS

Zurück zur Übersicht

Zustandsüberwachung in der Gesteinsmahlanlage mit Mobilgerät

Betriebsbereite Kugelmühle

IIoT und Prozessmodellierung Gesteinsmahlanlage

Anforderungen

- Senkung Anlagen-Energieverbrauch
- Optimales Mahlprodukt bei schwankender Rohmaterialqualität
- Vernetzte Zustandsüberwachung der Produktionsanlage
- Einfache Nachrüstbarkeit bei Bestandsanlagen

GREEN TECH

Lösung

- Messdatenerfassung via Cloud ohne Eingriff in bestehende Automatisierung
- Erstellung eines physikalischen Modells für Kugelmühle und Mahlprozess
- Modellbasierte Ermittlung der optimalen Prozesszeit für eine gewünschte Produktqualität bei minimalem Energieeinsatz trotz schwankender Rohmaterialqualität

Stallung für Nutztiere

Ohrmarke mit Elektronik

Nutztierlokalisierung mit Datenanalyse/Smart Bow

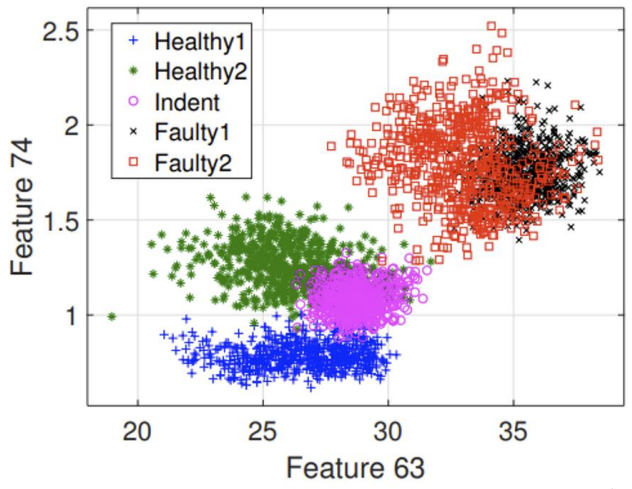
Anforderungen

- Lange Nutzungsdauer der Tags (> Lebensdauer der Tiere)
- Echtzeitdaten aller Tiere verfügbar
- Früherkennung von Krankheiten
- Optimierung von Besamungszeitpunkten
- Reduzierung von Medikamentenverbrauch

Lösung

- Energieeffiziente und hochgenaue Lokalisierungssysteme für raue Umgebungen
- Elektronikentwicklung
- Entwicklung Funkprotokoll
- Automatisierte Analyse von Bewegungsmustern und Ableiten von Gesundheitsinformation

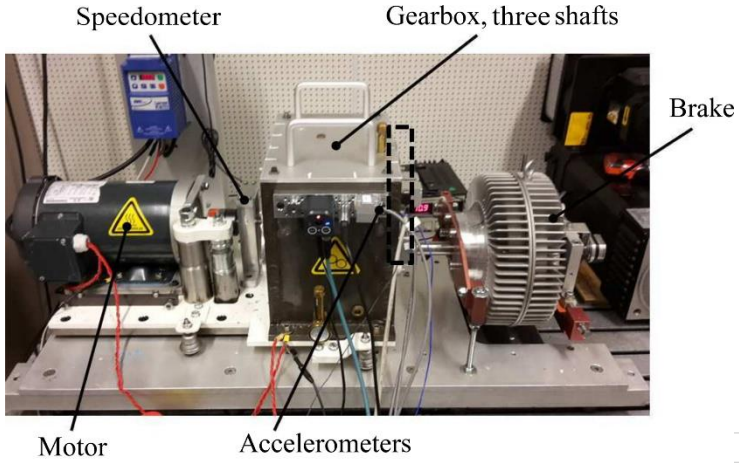
Fehlererkennung an schadhaften Kugellagern



		Estimated State		
		Healthy	Indent	Faulty
True State	Healthy1	177	22	0
	Healthy2	199	0	0
	Indent	0	199	0
	Faulty1	0	0	199
	Faulty2	0	0	199

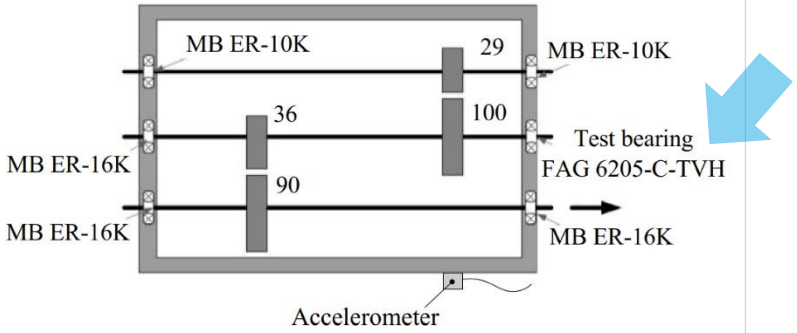
Anforderungen

- Prüfstand mit Getriebebox
- Fehlererkennung und -Klassifizierung an einem der im Getriebe vebauten Kugellager
- Messung mit Beschleunigungssensor außen am Gehäuse

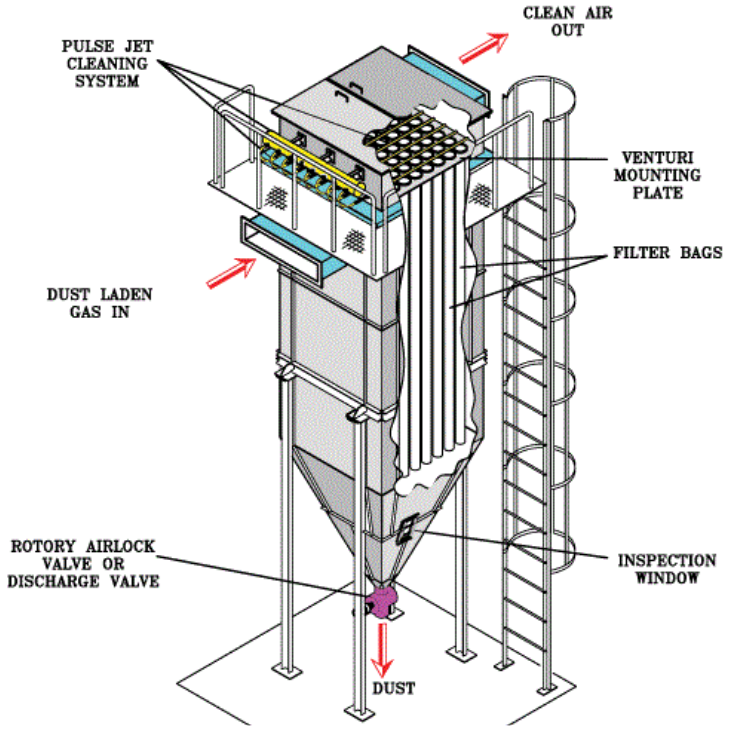


Lösung

- Test mit zwei fehlerfreien, einem leicht beschädigten und 2 deutlich beschädigten Kugellagern
- Berechnung von > 80 statistischen Kenngrößen (Features) und Auswahl von optimalen Features (4)
- Klassifizierung



Pichler, K. et al: *Data-driven vibration-based bearing fault diagnosis using non-steady-state data.* Journal of Sensors and Sensor Systems, 2020, Nr. 9.



Fehlererkennung in einer Entstaubungsanlage

Anforderungen: Erkennen von fehlerhafter Aktivierung von Ventilen

- 280 Ventile (14 Abschnitte, davon 8 vermessen)
- Eine fehlerhafte Aktivierung eines Ventils soll durch Lokalisierung des Reinigungsgeräuschs erkannt werden
- Lokalisierung anhand der Laufzeit ("akustische Kamera") kann aufgrund der Raumakustik (Ventile unter massiver Abdeckung, starker Nachhall) nicht verwendet werden
- Messung mit 16 Mikrofonen an der Anlage

Klassischer Ansatz (16 Mics)
→ **99.68%** korrekt

Machine Learning Ansatz (8 Mics)
→ **98.46%** korrekt

Machine Learning Ansatz (4 Mics)
→ **95.96%** korrekt

Science becomes
reality

DI Dr.techn. Leander B. HÖRMANN

Team Leader Industrial IoT

T +43 (0) 732 2468 6157

E leander.hoermann@lcm.at

Linz Center of Mechatronics GmbH, Altenberger Straße 69, 4040 Linz AUSTRIA

www.lcm.at

www.linkedin.com/company/linz-center-of-mechatronics

www.facebook.com/linzcenterofmechatronics

LINZ CENTER OF MECHATRONICS