



© KI generiertes Bild, erstellt mit Adobe Firefly

Predictive Maintenance

Von der Dateninnovation zur Schlüsseltechnologie der Instandhaltung

1. Definition und Beschreibung

Predictive Maintenance (PdM) ist eine vorausschauende Instandhaltungsstrategie, die anhand von Zustandsdaten und Prognosemodellen den optimalen Zeitpunkt für Wartungsmaßnahmen ermittelt. Ziel ist es, ungeplante Ausfälle zu vermeiden, Lebensdauer von Anlagen zu verlängern und Betriebskosten zu senken. PdM nutzt dabei Sensorik, IoT, Big Data und KI-basierte Analyseverfahren.

2. Entwicklungshighlights

- **Frühe Ansätze:** Zeit- oder zustandsbasierte Wartung (Scheduled oder Condition-Based Maintenance)
- **Datengetriebene Methoden:** Einsatz von Machine Learning (z. B. Support Vector Machines, K-Nearest-Neighbors) und Deep Learning (z. B. CNNs) zur Anomalieerkennung und Lebensdauerprognose
- **Hybride Modelle:** Kombination aus Machine Learning und Deep-Learning-Architekturen für lineare und nichtlineare Zusammenhänge
- **Digital Twin Integration:** Echtzeitsimulation von Maschinenzuständen zur Validierung von Prognosen und Entscheidungsunterstützung
- **Erweiterungen:** Datenaugmentation, Transfer Learning, synthetische Daten und Expertenwissen zur Verbesserung von Robustheit und Erklärbarkeit

3. Nutzen, Anwendungen und Branchen

Technologie Factsheet

März 2026

Seite 2 | 3

Hauptnutzen:

- Reduktion von ungeplanten Ausfällen
- Verlängerung der Lebensdauer kritischer Anlagen
- Senkung der Wartungs- und Betriebskosten
- Echtzeit-Überwachung und adaptive Wartungsplanung

Mögliche Beispielanwendungen:

- Fertigung: Produktionsmaschinen, Anlagenoptimierung
- Energie: Windturbinen, Kraftwerke, Netzinfrastruktur
- Transport: Bahn- und Fahrzeugtechnik, Flottenmanagement
- Gesundheitswesen: medizintechnische Geräte und Anlagen

4. Wesentliche Forschungsfortschritte

- **KI-gestützte Analyse:** Anomalieerkennung, Fehlerprognose, Restlebensdauer-Berechnung
- **Erklärbare KI (XAI):** Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen
- **Datenstrategien:** Umgang mit seltenen Ausfalldaten, synthetische Datengenerierung und Transfer Learning

5. Reifegrad

Technologiereife: Abhängig vom Einsatzgebiet und der Methode liegt das Technology Readiness Level (TRL) zwischen 4 (Validierung in Laborumgebung) und 8 (Qualifiziertes System).

Marktreife: PdM-Systeme befinden sich überwiegend zwischen fortgeschrittener Forschung und frühen industriellen Implementierungen. Erste Anwendungen gibt es in Fertigungslinien, Windkraftanlagen, Bahn- und Fahrzeugtechnik.

Zeithorizont für breitere Anwendung: 3–7 Jahre, abhängig von Standardisierung, Datenintegration und skalierbarer Massenproduktion.

6. Fazit

Predictive Maintenance ist ein zentrales Element der Industrie 4.0, das industrielle Prozesse effizienter, sicherer und kostengünstiger macht. Fortschritte bei KI, IoT und Digital Twin-Technologien ermöglichen vorausschauende und adaptive Instandhaltung. Herausforderungen bleiben bei Datenqualität, Skalierbarkeit, Interoperabilität und Erklärbarkeit, deren Lösung den langfristigen Erfolg und die breite industrielle Nutzung von PdM bestimmt.

Corporate Technology Foresight

Die zentrale Forschungsfrage der Gruppe »Corporate Technology Foresight« lautet: Wie lassen sich technologische Entwicklungen frühzeitig identifizieren, fundiert bewerten und so aufbereiten, dass Unternehmen daraus belastbare strategische Handlungsoptionen ableiten können?

Methodisch stützt sich die Forschungsgruppe auf ein breites Portfolio aus der Zukunfts- und Innovationsforschung. Diese Methoden machen Technologieentwicklungen in Forschung und Markt systematisch sichtbar und binden explizit auch unternehmensrelevante Umfeldfaktoren ein

Technologie Factsheet

März 2026

Seite 3 | 3

Das Fraunhofer FKIE entwickelt Technologien und Prozesse mit dem Ziel, existenzbedrohende Risiken frühzeitig zu erkennen, zu minimieren und beherrschbar zu machen. Daran arbeiten insgesamt elf Forschungsabteilungen an Standorten in Wachtberg, Bonn, Euskirchen, Leipzig und Aachen, die über unterschiedliche, sich ergänzende Kernkompetenzen verfügen und so systemische Lösungen liefern können. Das Institut deckt dabei sämtliche Domänen der gesamtstaatlichen Verteidigung und Sicherheit ab – sei es zu Land, in der Luft, zur See, unter Wasser, im Cyberspace oder im Weltall.

Kontakt

Ansprechpersonen

Dr. Anna Schulte-Loosen

Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE

Forschungsgruppenleiterin

[E-Mail senden](#)

Dr. Diana Freudendahl

Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE

Forschungsgruppenleiterin

[E-Mail senden](#)

Peter Sturm

Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE

Autor

[E-Mail senden](#)

www.fkie.fraunhofer.de

