INNOVATIONSFORUM PredictiveMaintenance @KMU

LEITFADEN

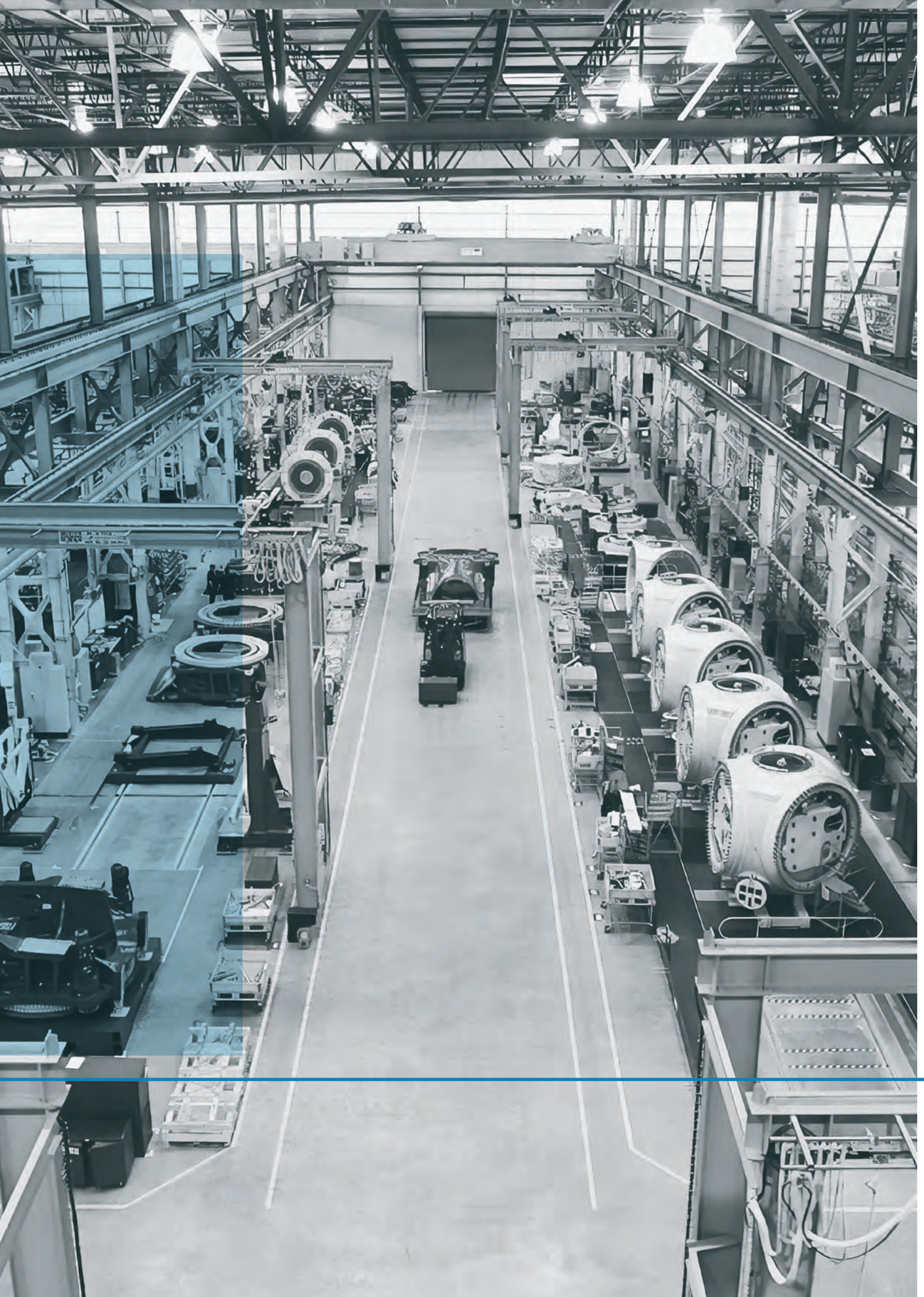
EINFÜHRUNG VON **PREDICTIVE MAINTENANCE** IN KLEIN- UND MITTELSTÄNDISCHEN UNTERNEHMEN

WFG FÜR DEN KREIS BORKEN MBH

Innovationsforen Mittelstand

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung



EDITORIAL

Durch die Entwicklung und den Einsatz neuer Informations- und Kommunikationstechnologien stellt die digitale Transformation alle Unternehmen vor große Herausforderungen. Unternehmen müssen sich ständig dem Wandel der wachsenden Digitalisierung in der Wirtschaft anpassen. Viele klein- und mittelständische Unternehmen aus Deutschland erkennen zwar die Chance der Industrie 4.0, zögern aber aufgrund der fehlenden Ressourcen und Instrumente mit dem Schritt der Einführung. Dies hat zur Folge, dass die innovativen Methoden und Techniken der Industrie 4.0 nicht genutzt werden können.

„**Predictive Maintenance**“ (abgekürzt **PdM**) – zu Deutsch die „vorausschauende Wartung“ – ist eine der Schlüsselinnovationen der Industrie 4.0. Es handelt sich hierbei um ein modernes Instandhaltungsverfahren. Die digitale Transformation bietet hiermit der Instandhaltung eine große Chance sich in ihrem Reifegrad auf ein höheres Niveau zu entwickeln. Neue Methoden und Werkzeuge ermöglichen der Instandhaltung die Wartung proaktiv zu gestalten und dadurch die Stillstandzeiten von Maschinen und Anlagen zu verringern, die Kosten für ungeplante Ausfälle zu reduzieren und die Wartung optimal in den Produktionsprozess zu integrieren. Im Optimalfall lassen sich mit **Predictive Maintenance** Störungszeiten voraussagen, bevor es überhaupt zu einem Maschinenausfall kommt. Durch die permanente Analyse der gesammelten Daten ist es möglich, die Leistung der Maschinen zu verbessern und auf Dauer eine höhere Produktivität zu erzielen.

PdM führt aber auch dazu, dass sich die Anforderungen an den Instandhalter verändern und hiermit auch der Aufbau von entsprechenden Kompetenzen erforderlich wird.

Laut der Studie von *Roland Berger* wird der Markt für **PdM** in den nächsten Jahren rasant wachsen (1). Einer aktuellen Studie der Unternehmensberatung *Bearing-Point* zu folge, erkennt ein Großteil der Unternehmen zwar die Vorteile der vorausschauenden Wartung – aber erst ein Viertel der Befragten hat Projekte konkret umgesetzt (2).

Um Unternehmen in der Beispielregion Münsterland bei ihrem Weg in diese Anwendung zu unterstützen ist das Innovationsforum *PredictiveMaintenance@KMU* ins Leben gerufen worden.

Das Innovationsforum *PdM@KMU* ist ein gefördertes Programm vom *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)* und verfolgt das Ziel, kleine und mittelständische Unternehmen in Deutschland bei der Umsetzung von Predictive-Maintenance-Maßnahmen zu unterstützen. Im Rahmen dieses Projektes wird der vorliegende Leitfaden zur Einführung von **PdM** erstellt.

Der Leitfaden soll als praxisorientiertes Tool konkrete Ansatzpunkte zur Umsetzung von PdM im eigenen Unternehmen geben und das Interesse der Unternehmen wecken.

WAS ERWARTET SIE IN DIESEM LEITFADEN?

05 ZUSAMMENFASSUNG

06 – 08 PREDICTIVE MAINTENANCE ALS ANWENDUNG DER INDUSTRIE 4.0

09 – 25 WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?

12 VORBEREITUNG

13 – 18 ANALYSEPHASE

13 – 16 REIFEGRAD-BESTIMMUNG MIT DEM WERKZEUGKASTEN INDUSTRIE 4.0

16 › ERMITTLUNG KRITISCHER MASCHINEN

17 › DETAILLIERTE TECHNISCHE BETRACHTUNG DER KRITISCHEN MASCHINEN UND LÖSUNGSVORSCHLÄGE

18 › WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG DER KRITISCHEN MASCHINEN UND LÖSUNGSVORSCHLÄGE

19 – 22 ENTSCHEIDUNGSPHASE

23 – 25 EINFÜHRUNGSPHASE (UNTERNEHMENSSPEZIFISCH)

24 DATEN ERFASSEN

25 DATEN ÜBERTRAGEN

25 DATEN SPEICHERN

25 DATEN ANALYSIEREN

25 OPTIMIERUNGSPHASE

26 PDM – IHRE ANSPRECHPARTNER BEI DER WFG UND DER WHS

27 PROJEKTPARTNER

28 IMPRESSUM / LITERATURVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Leitfaden soll die kleinen und mittelständischen Unternehmen bei der Einführung von **PdM** unterstützen. Der Leitfaden stellt dazu ein Vorgehensmodell vor, das die große Menge der bereits vorhandenen Informationen auf realisierbare Stufen reduziert. Damit bietet er eine Orientierungshilfe für die KMUs ein eigenes Verständnis für **PdM** zu finden und den Nutzen für das eigene Unternehmen zu begreifen.

Predictive Maintenance verspricht Fertigungsbetrieben viele Vorteile. Die vorausschauende Wartung verhindert teure Maschinenausfälle und hilft Unternehmen, besser zu planen. Doch nicht in jedem Fall macht die Anwendung Sinn.

Der Leitfaden ist chronologisch aufgebaut und besteht aus Vorbereitungsphase, Analysephase und Entscheidungsphase. Die Vorbereitungsphase beinhaltet die Bildung eines interdisziplinären Projektteams und die Definition der Ziele. Den Kern der Analysephase bildet ein Excel Tool, das die Ermittlung des Reifegrades des Unternehmens und die Identifizierung der kritischen Maschinen im Unternehmen ermöglicht. Die Entscheidungsphase gibt Hinweise auf zukünftige Einsatzmöglichkeiten von **PdM**.

Der Leitfaden bietet eine Orientierungshilfe für die KMUs, ein eigenes Verständnis für PdM zu finden und den Nutzen für das eigene Unternehmen zu begreifen.

DOWNLOADEN SIE DEN PDM-LEITFADEN SOWIE DAS DAZUGEHÖRIGE ***EXCEL TOOL*** UNTER FOLGENDEM LINK: WWW.WFG-BORKEN.DE/PDM-LEITFADEN

Die Ermittlung des Reifegrades basiert auf dem „Werkzeugkasten Industrie 4.0“ aus dem Leitfaden Industrie 4.0 des *VDMA*, der auf die Anwendung von **PdM** angepasst wurde (9). Im Werkzeugkasten werden die verschieden Anwendungsebenen von **PdM** veranschaulicht und in einzelne, realisierbare Entwicklungsstufen zerlegt. Die Einordnung der jeweiligen Entwicklungsstufen erfolgt mittels einer Befragung der Mitarbeiter im Unternehmen. Das Ergebnis des Fragebogens Reifegrad zeigt, in welchen Anwendungsebenen noch Optimierungspotentiale liegen.

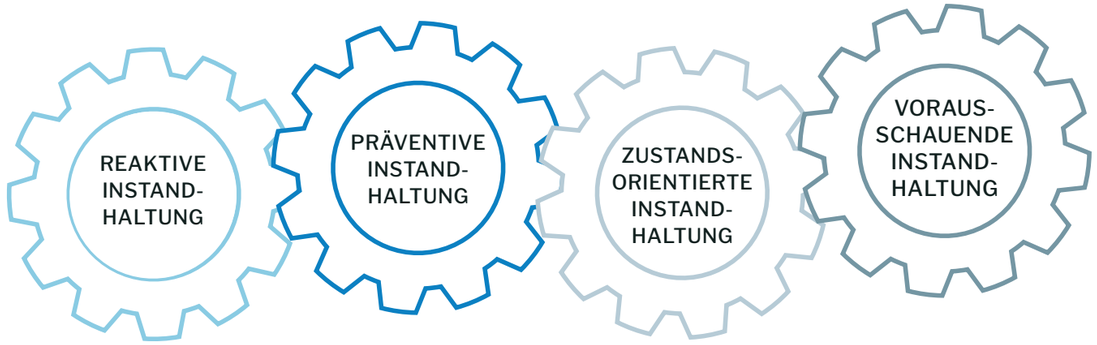
Die Entscheidungsphase gibt anschließend den Überblick über die Analyse und unterstützt damit bei der Entscheidungsfindung, ob sich die Einführung von **PdM** lohnt und wenn ja, welche Anlagen priorisiert betrachtet werden sollten.

Das Vorgehen wurde in Zusammenarbeit mit zwei Pilotunternehmen, der *Bischof + Klein SE & Co. KG* und der *FERRO UMFORMTECHNIK GmbH & Co. KG* erstellt und auf Praxistauglichkeit getestet. Anschließend sind die gesammelten Erfahrungen in die Weiterentwicklung des Leitfadens und des Tools eingeflossen.

PREDICTIVE MAINTENANCE ALS ANWENDUNG DER INDUSTRIE 4.0

WAS IST PREDICTIVE MAINTENANCE?

PdM bezeichnet per Definition einen Wartungsvorgang, der auf der Auswertung von Prozess- und Maschinendaten basiert und findet sich vor allem im sprachlichen Kontext der Industrie 4.0. Durch diese Echtzeit-Verarbeitung der zugrundeliegenden Daten werden Prognosen möglich, die die Grundlage für eine bedarfsgerechte Wartung und folglich die Reduktion von Ausfallzeiten bilden. Hierzu bedarf es neben der Interpretation von Sensordaten einer Kombination aus Echtzeit-Analysetechnik und In-Memory-Daten-Banken, um eine im Vergleich mit Festplattenlaufwerken höhere Zugriffsgeschwindigkeit auf die Daten zu erzielen. Wenn alles gelingt, wird es produktionsseitig möglich, einen Techniker mit der Behebung eines Problems zu beauftragen, noch bevor es entsteht (3). Die Abbildung 1 stellt die vier verschiedenen Wartungsvorgänge dar.



Maschinen oder Anlagen werden nur bei Ausfällen oder Defekten repariert.

Basierend auf Zeitintervallen oder Laufzeiten werden Maschinen oder Anlagen heruntergefahren und Bauteile überprüft, beziehungsweise ausgetauscht.

Zustand von Maschinen und Anlagen wird präzise und permanent erfasst, beschrieben und bewertet.

Intelligente Instandhaltung, die bereits vor dem Auftreten einer Maschinen- oder Anlagenstörung einsetzt.

Abbildung 1: Die vier verschiedenen Wartungsvorgänge

Predictive Maintenance wird bereits in vielen Bereichen eingesetzt. So werden Drehzahlen, Geräusche oder Temperaturen von Motoren erfasst und ungewöhnliche Vibrationen oder Unwuchten frühzeitig erkannt. Beispielsweise ist das Versagen eines Lagers frühzeitig vorhersagbar. Maschinen und Anlagen, die mittels **PdM** überwacht und gewartet werden, sind beispielsweise Windräder, Kraftfahrzeuge oder Turbinen. Ausfallzeiten von Windkraftanlagen lassen sich durch **Predictive Maintenance** fast vollständig vermeiden. Intelligente mathematische Algorithmen führen exakte Schwingungsanalysen von verschleißgefährdeten Komponenten durch und liefern zuverlässige Prognosen über Ausfallwahrscheinlichkeiten von Bauteilen, die extremen Belastungen ausgesetzt sind (4).

Der Ist-Zustand beschreibt dabei den aktuellen tatsächlichen Zustand einer Maschine. Die Erfassung dieses Zustandes einer Anlage kann mittels verschiedener Sensoren erfolgen.

Diese Sensoren arbeiten mit dem einen oder den mehreren der folgenden Signalmittel:

- Infrarot,
- Korona-Erkennung,
- Akustik (Teilentladung und Ultraschall),
- Schwingungsanalyse,
- Schallpegelmessung

Je nach Betrachtungsweise kann man die Sensoren unterschiedlich klassifizieren. Die Abbildung 3 stellt einen kurzen Überblick über die möglichen Sensoren zur Schadenserkennung dar.

WIE FUNKTIONIERT ES?

Die Funktionsweise von **PdM** wird in vier wesentliche Arbeitsschritte (siehe Abbildung 2) gegliedert:

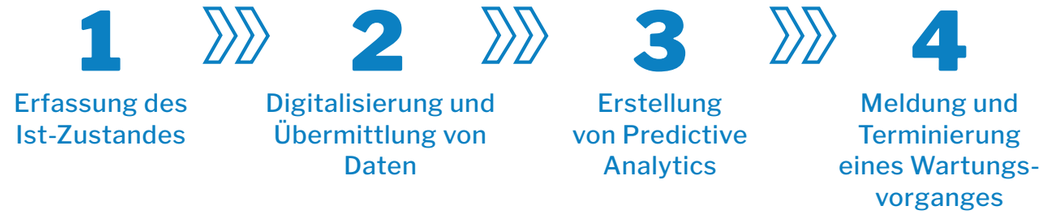


Abbildung 2: Funktionsweise von Predictive Maintenance

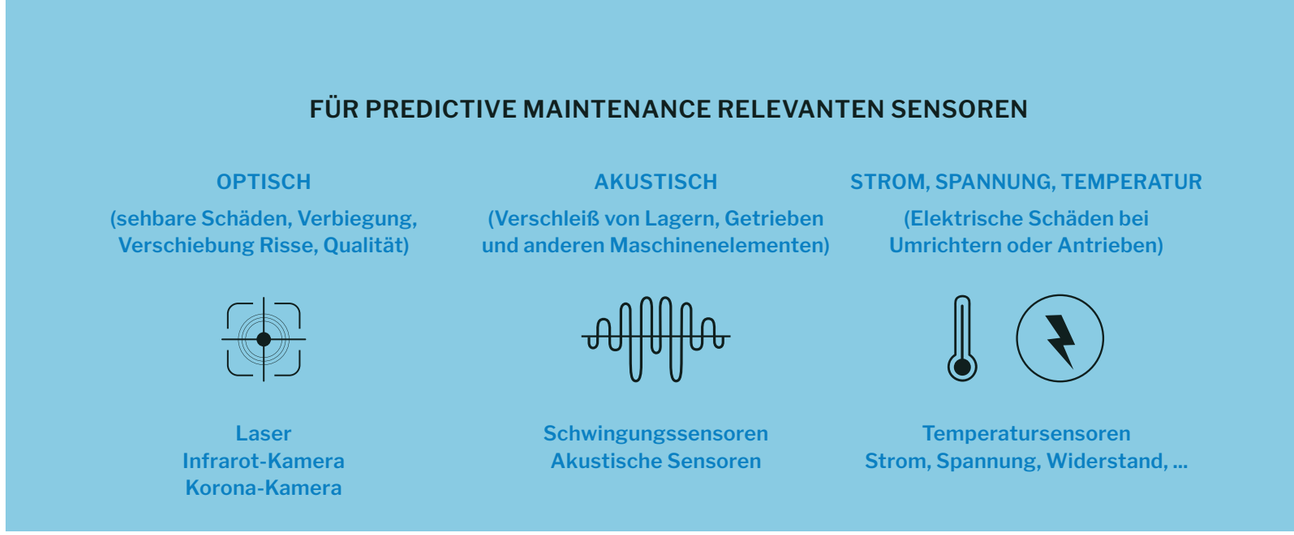


Abbildung 3: Sensoren zur Schadenserkennung

Die Sensoren sammeln Maschinendaten wie Druck, Temperatur, Licht, Vibration, Lärmentwicklung, Füllstände und Verlustleistungen. An dieser Stelle ist es wichtig den Begriff „Retrofit“ zu erwähnen. Unter Retrofit versteht man das Nachrüsten von Maschinen und Anlagen. Aufgrund der finanziellen Vorteile ist es für die meisten Unternehmen das bevorzugte Vorgehen.

Die Sensoren liefern Daten in verschiedenen Formaten und Größen. Um diese riesigen Datenmengen zu kontrollieren und übermitteln, werden Big-Data-Datenbanken für die Speicherung und das Internet of Things für die Netzwerkübertragung hinzugezogen (5).

Predictive Analytics ist der Oberbegriff für die Analyse und Bewertung der erhobenen Daten sowie der Berechnung von Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ergebnisse. Es werden Regelmäßigkeiten aus der Datenmenge mit Hilfe von Algorithmen erkannt, die dann bestimmte Reparaturen oder Austauschteile diagnostizieren (5).

Wenn die Schritte 1 bis 3 korrekt durchgeführt worden sind, werden Störungen frühzeitig erkannt, bevor sie einen größeren Schaden oder gar einen Maschinenausfall verursachen. Damit werden gleichzeitig unnötige Austauschmaßnahmen verhindert (5).

VORTEILE UND NACHTEILE

Hauptziel von **PdM** ist es, eine möglichst präzise Vorausplanung der Instandhaltung zu erstellen und unerwartete Ausfälle von Anlagen zu vermeiden. Mit dem Wissen darüber, wann welche Geräte gewartet werden müssen, lassen sich Ressourcen für Instandhaltungsarbeiten wie Ersatzteile oder Personen besser planen. Zudem kann die Anlagenverfügbarkeit erhöht werden, indem „ungeplante Stopps“ in immer kürzere und häufigere „geplante Stopps“ umgewandelt werden. Weitere Vorteile sollen eine potenziell längere Lebensdauer der Anlagen, eine erhöhte Anlagensicherheit, weniger Unfälle mit negativen Auswirkungen auf die Umwelt und ein optimiertes Ersatzteilhandling sein (3).

Zu den Nachteilen von **PdM** gehört die schwierige und kostenintensive Verarbeitung riesiger Datenmengen. Für jede Produktionssituation wird ein eigener Algorithmus benötigt. Ob der Mehrwert eines **Predictive Maintenance**-Projektes die Komplexität rechtfertigt, hängt also von vielen Faktoren ab und muss dementsprechend im Einzelfall geprüft werden. ■

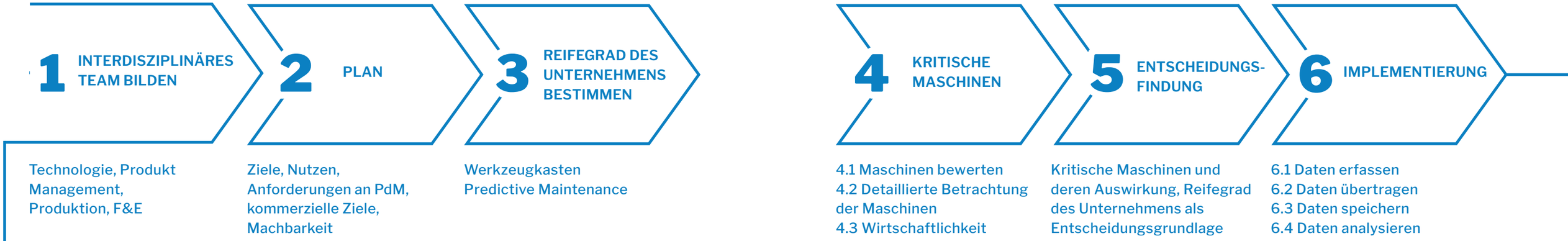


Abbildung 4: Vorgehensweise zur Einführung von dem Predictive Maintenance

WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?

Zielsetzung dieses PdM-Leitfadens ist es, KMUs ein Instrument zur Verfügung zu stellen, dass sie anregen und befähigen kann, unter Berücksichtigung ihrer Ressourcen neues Wissen zu **PdM** aufzubauen und in eigenem Unternehmen erfolgreich umzusetzen. Der Leitfaden unterstützt weiterhin die KMUs dabei, in einem systematischen Prozess Potentiale für die eigene Produktion in Bezug auf **PdM** zu identifizieren und dazu gezielt eigene Ideen zu entwickeln. Hierzu wird in dem Leitfaden eine geeignete Vorgehensweise beschrieben.

WAS IST ZUR UMSETZUNG NÖTIG?

Obwohl **PdM** so klingt, als ob das nur eine Sache für Service und Instandhaltung ist, betrifft es alle Geschäftsbereiche eines Unternehmens von der Entwicklung über die Produktion bis hin zum Service. Daher muss das Bekenntnis der Führungsebene zur Umsetzung von **PdM** schon am Beginn der Anwendung des Leitfadens stehen.

Die Einführung und Umsetzung von **PdM** können Änderungen in der eigenen Produktion und in der Gestaltung von Instandhaltung bedeuten. Deswegen ist es eine notwendige Voraussetzung, dass die Entscheidung zur Umsetzung im Unternehmen von der Führungsebene initiiert und der Prozess der Einführung entsprechend personell besetzt werden.

WIE IST DIESER LEITFADEN AUFGEBAUT?

Das Vorgehen zur Einführung von **PdM** ist in sechs Schritte unterteilt (siehe Abbildung 4). Dieser ist von einem Projektteam zu begleiten, das auch für die Vorbereitung, Organisation von Abstimmungen und Zusammenstellung der Information und Dokumentation verantwortlich ist. Die ersten zwei Schritte sind als Vorbereitungsphase zum Leitfaden gedacht, in der Ziele, Nutzen und Anforderungen an ein **PdM** definiert werden.

Darauf aufbauend werden in der anschließenden Analysephase (Schritte drei und vier des Leitfadens) unternehmenseigene Kompetenzen auf ihre Fähigkeiten für **PdM** identifiziert. Mit Hilfe von einem Excel Tool wird geprüft, inwieweit das KMU die Voraussetzungen für das Einsetzen von Predictive-Maintenance-Lösungen erfüllt. Diese Prüfung der Voraussetzungen beinhaltet die Bestimmung des Reifegrades des Unternehmens (Schritt 3), die Identifikation der kritischen Maschinen und deren Sortierung nach Relevanz sowie die Beurteilung der Zusammenhänge (Schritt 4).

Der Schritt 3 im Leitfaden besteht aus der Ermittlung des Reifegrades des Unternehmens. Diese erfolgt mit Hilfe des Fragebogens zur Reifegradbestimmung, welcher als Grundidee den „Werkzeugkasten der Industrie 4.0“ anwendet. Das Unternehmen entscheidet selbst, wer bei der Befragung teilnehmen darf.

Der Schritt 4 unterteilt sich wiederum in drei Unterschritte. Beginnend mit einer groben Bewertung der Anlagen werden anschließend die kritischen Maschinen identifiziert. Die Anzahl der weiter zu betrachtenden Maschinen kann (z.B. aus Kapazitätsgründen) beschränkt werden. Als kritisch werden in diesem Zusammenhang Maschinen mit mehrfach vorkommenden, ungeplanten Störungen oder Ausfällen bezeichnet. Diese identifizierten Anlagen können dann genauer betrachtet werden. Für die ermittelten Probleme/Fehler der Maschinen können anschließend Lösungsvorschläge erarbeitet und aus wirtschaftlicher Sicht weiter diskutiert werden.

Die aus der Ermittlung des Reifegrades und Identifikation der kritischen Maschinen resultierenden Ergebnisse stellen die Grundlage für die Entscheidungsfindung im Schritt 5 dar. Das Unternehmen entscheidet hier, inwiefern eine Integration von **PdM**-Lösungen möglich ist und welchen Mehrwert diese liefern.

Entscheidet sich ein Unternehmen für die Einführung von **PdM**-Lösungen, erfolgt nun die Implementierung. Dieser Prozess ist unternehmensspezifisch und kann in einem Leitfaden nicht detailliert zusammengefasst werden.

Die Implementierung selbst ist ein weiterer Prozess, bei dem zunächst die Daten mit Hilfe von Sensoren erfasst werden. Die erfassten Daten werden anschließend via Internet of Things-Netzwerksystemen an eine Big-Data-Datenbank übertragen und gespeichert und anschließend mit Hilfe der Knowledge Discovery in Databases-Methode analysiert. Die Methode teilt sich in Auswahl, Vorbearbeitung, Transformation, Data Mining und Interpretation auf. Im letzten Schritt werden auf Basis der analysierten Daten Optimierungen und Anpassungen vorgenommen.

Die Vorgehensweise und Handhabung des Leitfadens werden in den folgenden Kapiteln detaillierter beschrieben.

WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?
VORBEREITUNG

An erster Stelle der Umsetzung steht die Bildung eines geeigneten Projektteams. Das Projektteam sollte interdisziplinär aus Mitarbeitern aus den produktionstechnischen und informationstechnischen Bereichen sowie aus der Entwicklung und Instandhaltung zusammengestellt werden. Diese Zusammensetzung des Teams bringt das Know-How verschiedener Fachbereiche zusammen und ermöglicht die Betrachtung der Ziele aus verschiedenen Blickwinkeln.

Ein wichtiges Ziel des Projektteams ist es, ein einheitliches Verständnis zum Thema Predictive Maintenance im Unternehmen zu schaffen.

Das ist zum Beispiel im Rahmen von einem unternehmensinternen Workshop möglich. Auch die grundlegenden Kenntnisse der eigenen Produktion aller Team-Teilnehmer sind ein Ausgangspunkt für die Durchführung von weiteren Schritten des **PdM**-Leitfadens.

Eine wichtige Aufgabe des Teams ist es, die Ziele, den erwarteten Nutzen und die Anforderungen an **PdM** zu formulieren. Dabei müssen sowohl zentrale wirtschaftliche Ziele als auch die Frage der technischen Machbarkeit berücksichtigt werden.

WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?

ANALYSEPHASE

Ziel der Analysephase ist die Identifikation der im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen hinsichtlich der Technologie der vorausschauenden Wartung. Es wird geprüft, inwieweit das KMU die Voraussetzungen für das Einsetzen von **PdM**-Lösungen erfüllt. Hierfür wird die Analyse der Kompetenzen mit dem Werkzeugkasten **PdM** produktionsseitig durchgeführt und die kritischen Maschinen werden ermittelt. Der Werkzeugkasten **PdM** lehnt sich an die Anwendungsebenen und Entwicklungsstufen des Werkzeugkastens Industrie 4.0 an. Die Ermittlung der kritischen Maschinen erfolgt in einem Scoring-Modell. Als Ergebnis entstehen zwei Spinnendiagramme. Das erste Diagramm liefert den Reifegrad des Unternehmens sowie die Optimierungspotentiale. Im zweiten Diagramm wird eine Übersicht über die Bewertung, der in der Produktion vorhandenen Maschinen und deren Score, abgebildet.

DOWNLOADEN SIE DEN PDM-LEITFADEN SOWIE DAS DAZUGEHÖRIGE ***EXCEL TOOL*** UNTER FOLGENDEM LINK: WWW.WFG-BORKEN.DE/PDM-LEITFADEN

REIFEGRAD-BESTIMMUNG MIT DEM WERKZEUGKASTEN INDUSTRIE 4.0

Der Werkzeugkasten Industrie 4.0 zeigt Entwicklungsstufen für verschiedene Anwendungsebenen von Industrie 4.0 (siehe Abbildung 5). Dieser Werkzeugkasten wurde in dem Leitfaden als Grundlage verwendet, für die Ermittlung des Reifegrades des Unternehmens in Bezug auf **PdM** angepasst und als Fragebogen in das Excel Tool integriert. Die Anwendungsebenen werden in den Zeilen und die Entwicklungsstufen in den Spalten dargestellt.

Ziel des Werkzeugkastens und damit auch des Fragebogens ist es, den aktuellen Stand des Unternehmens bezüglich der Einführung von **PdM** zu identifizieren und die Entwicklungspotentiale aufzuzeigen.

Dem Leitfaden-Excel Tool ist unter dem Tabellenblatt „Schritt_3_Bogen_RG“ der Fragebogen zum aktuellen Stand des Unternehmens (siehe Abbildung 6) zu entnehmen. Beim Anklicken des Buttons „Befragung starten“ kann die Befragung begonnen werden. Bevor die Befragung gestartet wird, soll aber jedem Teilnehmer der Befragung durch die organisierende Person eine Teilnehmernummer zugeordnet werden.

Die Antworten der jeweiligen Teilnehmer werden durch Klicken des Buttons „Werte übernehmen“ automatisch in die Auswertung des Reifegrades übernommen.

Werkzeugkasten Industrie 4.0

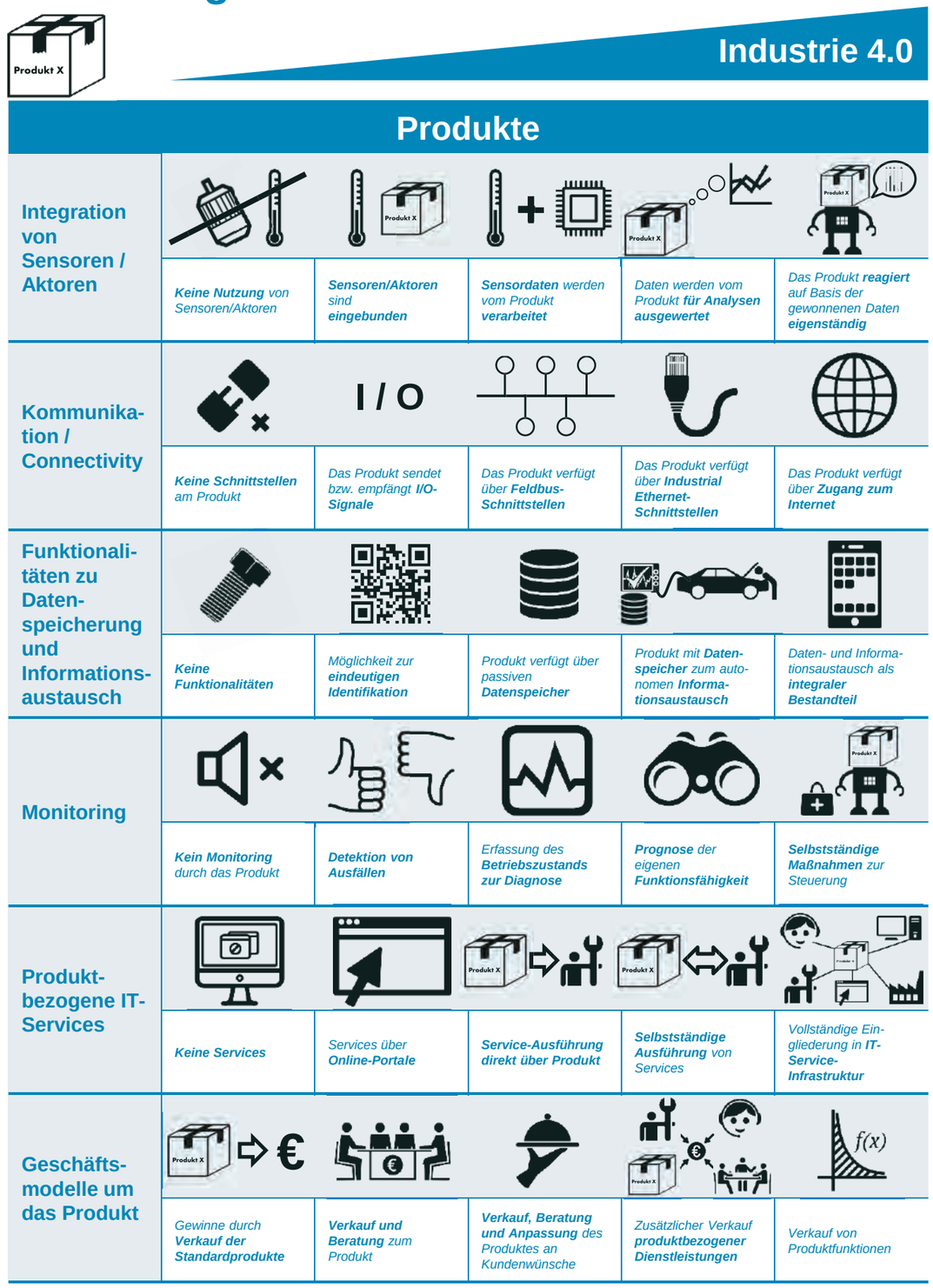


Abbildung 5: Werkzeugkasten Industrie 4.0
Quelle: https://industrie40.vdma.org/viewer/-/v2article/render/15540546

Werkzeugkasten Industrie 4.0

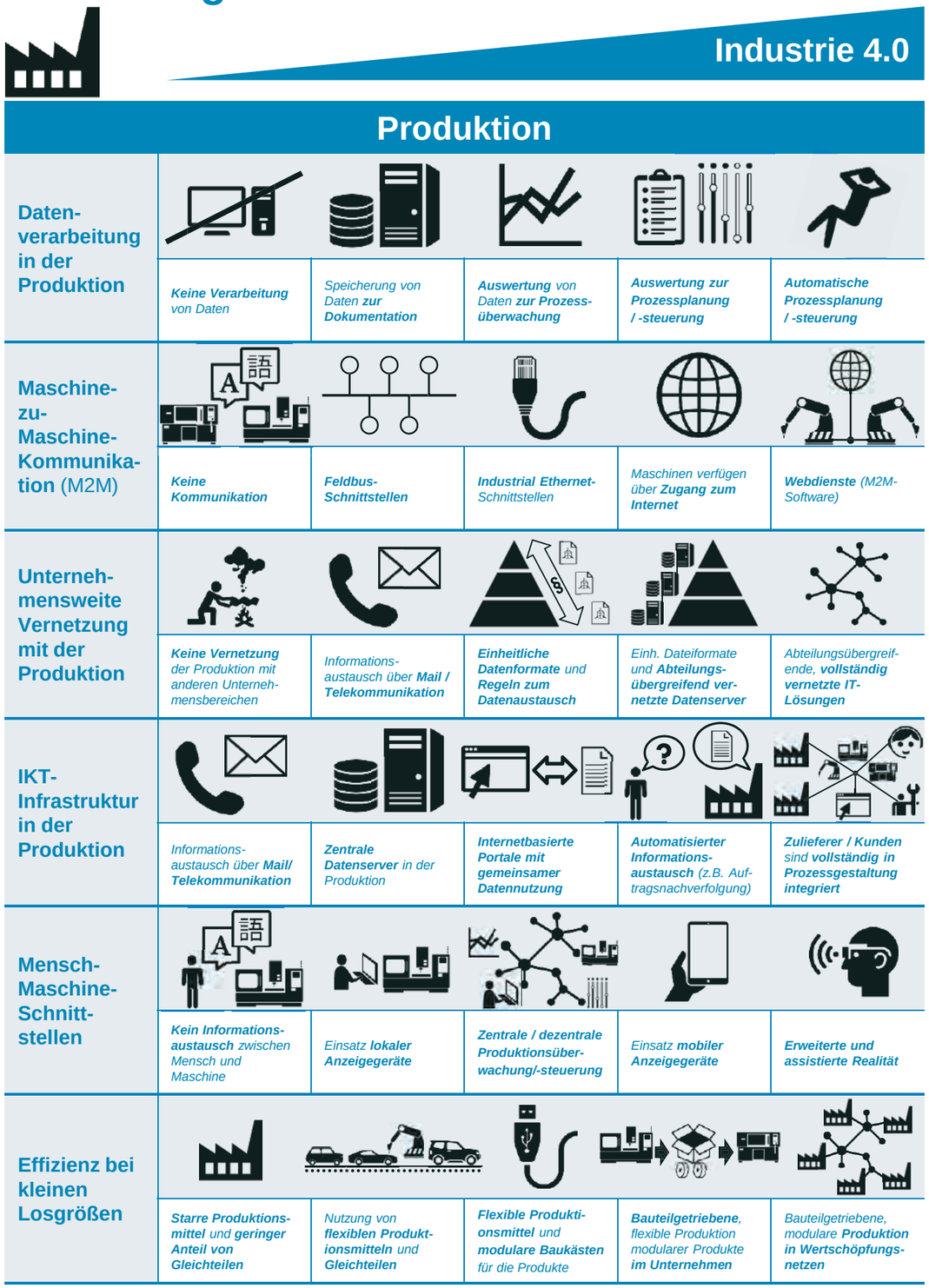


Abbildung 5: Werkzeugkasten Industrie 4.0
Quelle: https://industrie40.vdma.org/viewer/-/v2article/render/15540546

TEILNEHMERZAHL	Die Anzahl der befragten Teilnehmer
TEILNEHMERNUMMER	Tragen Sie Ihre Teil-nehmernummer ein

WERTE ÜBERNEHMEN | ABBRECHEN

FRAGEN | Antwortmöglichkeiten

WIE ERFOLGT DIE DATENVERARBEITUNG IN DER PRODUKTION?

Keine Verarbeitung von Daten	Speicherung von Daten zur Dokumen-tation	Auswertung von Daten zur Prozess-überwachung	Auswertung zur Prozessplanung/-steuerung	Automatische Prozessplanung/-steuerung

GIBT ES MASCHINE ZU MASCHINE KOMMUNIKATION (M2M)?

Keine Kommunikation	Feldbus-Schnittstellen	Industrial Ethernet-Schnittstellen	Maschinen verfügen über Zugang zum Internet	Webdienste (M2M-Software)

GIBT ES UNTERNEHMENSWEITE VERNETZUNG MIT DER PRODUKTION?

Keine Vernetzung der Produktion mit anderen Unterneh-mensbereichen	Informationsaus-tausch über Mail/ Telekommunikation	Einheitliche Datenfor-mate und Regeln zum Datenaustausch	Einheitliche Dateifor-mate und Abteilungs-übergreifend vernetz-te Datenserver	Abteilungsübergrei-fende, vollständig vernetzte IT-Lösun-gen

WIE ERFOLGT DIR IKT INFRASTRUKTUR IN DER PRODUKTION?

Informationsaus-tausch über Mail/ Telekommunikation	Zentrale Datenserver in der Produktion	Internetbasierte Por-tale mit gemeinsamer Datennutzung	Automatisierter In-formationsaustausch (z.B. Auftragsnach-verfolgung)	Zulieferer/Kunden sind vollständig in Prozessgestaltung integriert

WIE IST DIE MENSCH-MASCHINE SCHNITTSTELLE?

Kein Informations-austausch zwischen Mensch Maschine	Einsatz lokaler Anzeigegeräte	Zentrale/ dezentrale Produktionsüberwa-chung/-steuerung	Einsatz mobiler Anzeigegeräte	Erweiterte und assistierte Realität

Abbildung 6: Fragebogen Reifegrad des Unternehmens

ERMITTLUNG KRITISCHER MASCHINEN

Bei der Ermittlung kritischer Maschinen handelt es sich zunächst um die kritischen Geräte und Systeme, die für die Einführung von **PdM** am besten geeignet sind. Das sind häufig Maschinen mit hohen Reparatur- / Austauschkosten, die für die Produktion von entscheidender Bedeutung sind. Als kritisch werden auch Maschinen mit mehrfach vorkommenden, ungeplanten Störungen oder Ausfällen bezeichnet. Ebenso werden Maschinen und Anlagen als kritisch eingestuft, die keine volle Leistungsauslastung erreichen. Ein weiteres kritisches Merkmal ist ein ungenügendes Ersatzteilmanagement (5).

Bei der Ermittlung kritischer Maschinen wird zuerst eine Übersicht über vorhandene Maschinen in der Produktion in Tabellenblatt „Schritt_4_1_kr_Maschinen“ erstellt und es werden die hier vorgegeben Fragen zu den jeweiligen Maschinen beantwortet. Dabei entsteht eine Bewertung der Maschinen. Die kritischsten Maschinen bekommen damit die geringste Punktzahl.

Im Tabellenblatt „zu Schritt_4_1_KM“ werden die bewerteten Maschinen nun nach steigendem Punktestand sortiert. Die Maschinen mit dem geringsten Punktestand werden automatisch nach oben in der Liste sortiert.

Hier besteht die Möglichkeit einen Pareto-Wert vorzugeben. Dieser Wert bestimmt, welcher Anteil der gesamten Maschinen für die detaillierte Betrachtung ausgewählt werden sollen.

DETAILLIERTE TECHNISCHE BETRACHTUNG DER KRITISCHEN MASCHINEN UND LÖSUNGSVORSCHLÄGE

Im Tabellenblatt „Schritt 4_2_KM_Detail“ werden nun genauere Informationen zu den ausgewählten Maschinen gesammelt. Zu diesem Schritt muss das Unternehmen, insbesondere die Produktions- und Instandhaltungsabteilung, eine genauere Analyse der zuvor identifizierten kritischen Maschinen durchführen, um deren Probleme und Schwächen zu ermitteln.

Dafür können zum Beispiel Störungs- und Servicedatenbanken ausgewertet werten. Ideal ist, wenn die Daten von 3 bis 5 Jahren als Datenhistorie vorliegen, um Entwicklungen erkennbar zu machen. Werden Komponenten nicht aufgrund von Verschleiß, sondern aufgrund von Vorgaben des Wartungsplans ausgewechselt, sind Informationen zum Zustand dieser Komponenten nützlich. Oftmals ergeben sich aus dieser Auswertung sehr aufschlussreiche Informationen, an welcher Stelle bereits Projektpotential vorliegt (6).

Mit den identifizierten wichtigsten Maschinen können nun konkrete Lösungsvorschläge entworfen werden, die später die Grundlage für Fehlervorhersagen bilden. Zu jedem Lösungsvorschlag gehört als wichtiger Punkt die Ausstattung der Maschinen mit Sensoren. Diese Sensoren verwenden mindestens einen der folgenden Signalmittel: Infrarot, Akustik, Korona-Erkennung, Schwingungsanalyse, Schallpegelmessung.

Bei der Auswahl der Sensoren muss besonders darauf geachtet werden, dass die Funktionsweise der Anlage nicht beeinträchtigt wird. Die obenstehenden Sensoren sammeln Maschinendaten wie Druck, Temperatur, Licht, Vibration, Lärmentwicklung, Füllstände und Verlustleistungen.

Das Endergebnis dieser Phase ist die Bereitstellung eines Lösungsvorschlags (für die Maschine als vollautomatisiertes System). Dieser Lösungsvorschlag ermöglicht

- die Betriebsbedingungen der Maschine über installierte Sensoren zu überwachen,
- die Muster zu verstehen und prognostizieren, die durch Datenanomalien erzeugt werden
- und Warnungen zu erstellen, wenn eine Abweichung von festgelegten Schwellenwerten vorliegt

Für die erarbeiteten Lösungsvorschläge ist anschließend eine Kostenabschätzung erforderlich, um die Einführung von **PdM** aus wirtschaftlicher Sicht betrachten zu können.

Mit den identifizierten wichtigsten Maschinen können nun konkrete Lösungsvorschläge entworfen werden, die später die Grundlage für Fehlervorhersagen bilden.

WIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG DER KRITISCHEN MASCHINEN UND LÖSUNGSVORSCHLÄGE

Der Schritt 4.3 ist im Tabellenblatt „Schritt 4_3_KM_Wirtschaft“ zusammengefasst und beschäftigt sich mit dem Einfluss der kritischen Maschinen auf den Umsatz bzw. deren Probleme.

Je höher der gesamte Umsatzverlust, desto sinnvoller ist die Maßnahme. Folglich muss nun der Kostenfaktor für die **PdM**-Maßnahme (die geschätzten Kosten für die Verbesserungsmaßnahme aus dem Schritt 4.2) berücksichtigt und dem Umsatzverlust gegenübergestellt werden.

Mit Hilfe folgender Formel

$$\frac{\textit{Kosten für Maßnahme}}{\textit{Umsatzverlust gesamt pro Jahr}} = \textit{Amortisationszeit in Jahren}$$

wird daraufhin festgestellt, in welchem Zeitraum die mögliche zukünftige Investition den Umsatzverlust durch Maschinen- oder Anlagenstopps amortisiert.

Je geringer die Amortisationszeit, desto sinnvoller ist die Maßnahme.

Nach der Einführung von **PdM**-Lösungen können kurz- bis mittelfristig noch ungeplante Maschinen- oder Anlagenstopps auftreten. Dies begründet sich durch Lerneffekte und Erfahrungswerte, die vom Programmierer benötigt werden, um einen perfekten Algorithmus zu schreiben.

Empfehlung: Rechnen Sie den Business Case grob durch, berücksichtigen Sie auch qualitative Schlüsselfaktoren! Zum Beispiel kann ein «**Predictive Maintenance** Service» ein verkaufsunterstützender Aspekt einer Maschine sein, auch wenn dieser Service anfänglich nicht vom Kunden gekauft wird (6).

Bei detaillierter und wirtschaftlicher Betrachtung der kritischen Maschinen kann es zu neuer Priorisierung der kritischen Maschinen kommen. Die Priorisierung kann dann in das Tabellenblatt „Schritt_5_Entscheidung“ übertragen werden.

WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?
ENTSCHEIDUNGSPHASE

Der fünfte Schritt beschreibt die Entscheidungsfindung auf Grundlage der Ergebnisse der vorangegangenen Schritte. Diese Phase wird in dem Tabellenblatt „Schritt_5_Entscheidung“ dargestellt. Hier werden zur Übersicht zwei Diagramme noch mal aufgerufen (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6).

Es wird geprüft, wie weit das Unternehmen bereits in die Digitalisierung vorangeschritten ist und was es noch zu tun gilt, bevor **PdM**-Lösungen integriert werden können (Schritt 3). Außerdem wird eine Übersicht geschaffen, welche Problembereiche den negativsten Effekt im Hinblick auf die Produktion haben und inwieweit der Kontext der Problembereiche dabei zu berücksichtigen ist (Schritt 4).

Durch eine Kombination der Ergebnisse erfolgt nun die Entscheidungsfindung. Grundsätzlich lässt sich nicht sagen, wie viele Problembereiche über diese Auswertung bereinigt werden sollen. Dies hängt vom Budget ab, welches in **PdM**-Lösungen investiert werden soll. Außerdem sollte in der Entscheidungsfindung überdacht werden, ob zwingend **PdM**-Lösungen angewendet werden müssen. Oftmals rentiert sich der Einsatz von **PdM** nur in großen Maschinen oder Anlagen, die hohe Umsätze in den nächsten Jahren garantieren (7).

Das Unternehmen muss folgende Fragestellungen für sich beantworten: Wie viel Budget steht für **PdM**-Maßnahmen zur Verfügung? Sind zwingend **PdM**-Lösungen notwendig? Welche Problembereiche müssen zuerst gelöst werden (5).

Obwohl **PdM** also grundsätzlich viele Vorteile bietet, ist es nicht immer sinnvoll das Verfahren anzuwenden.

Die Anwendung ist nur unter bestimmten Bedingungen sinnvoll. Denn die eingesetzten Machine Learning-Algorithmen benötigen Vergangenheitsdaten, aus denen hervorgeht, welche Maschine wann im Einsatz war und wann sie (planmäßig oder unplanmäßig) zum Stillstand kam. Erst damit können sie Zusammenhänge zwischen Maschinenzustand und Wartungsbedarf erkennen und zuverlässige Prognosen berechnen. Bevor Unternehmen eine entsprechende Software-Lösung implementieren, sollten sie also überlegen, ob ihr Maschinenbestand sich dafür eignet und die notwendige Datengrundlage gegeben ist (8).

Condition Monitoring kann ein Zwischenschritt zwischen traditioneller Wartung und **PdM**-Lösungen sein. Es misst den aktuellen Zustand einer Anlage. Das ist Bedingung für eine zustandsorientierte Instandhaltung. Condition Monitoring ist im eigentlichen Sinne aber noch keine prädiktive Überwachung. Spontane und zukünftige Ausfälle können damit nicht ermittelt werden. Condition Monitoring ist kein zwingender, aber ein möglicher Zwischenschritt zu einer vorausschauenden Wartung (**PdM**). Er macht Sinn, wenn die prädiktive Wartung einen hohen Komplexitätsgrad aufweist und die Machbarkeit als schwierig eingestuft wird (6).

Sehr wichtig ist die «Make or Buy» Frage. Es gibt bereits eine größere Anzahl von **PdM** Anbietern auf dem Markt. Das sind in den weitaus meisten Fällen Cloud Angebote, die mit IoT-Dienstleistungen kombiniert werden (teilweise über 2 bis 3 Hersteller hinweg). Gerade aber in der Maschinenindustrie sind solche Angebote nicht optimal (5).

Bevor Unternehmen eine entsprechende Software-Lösung implementieren, sollten sie also überlegen, ob ihr Maschinenbestand sich dafür eignet und die notwendige Datengrundlage gegeben ist.

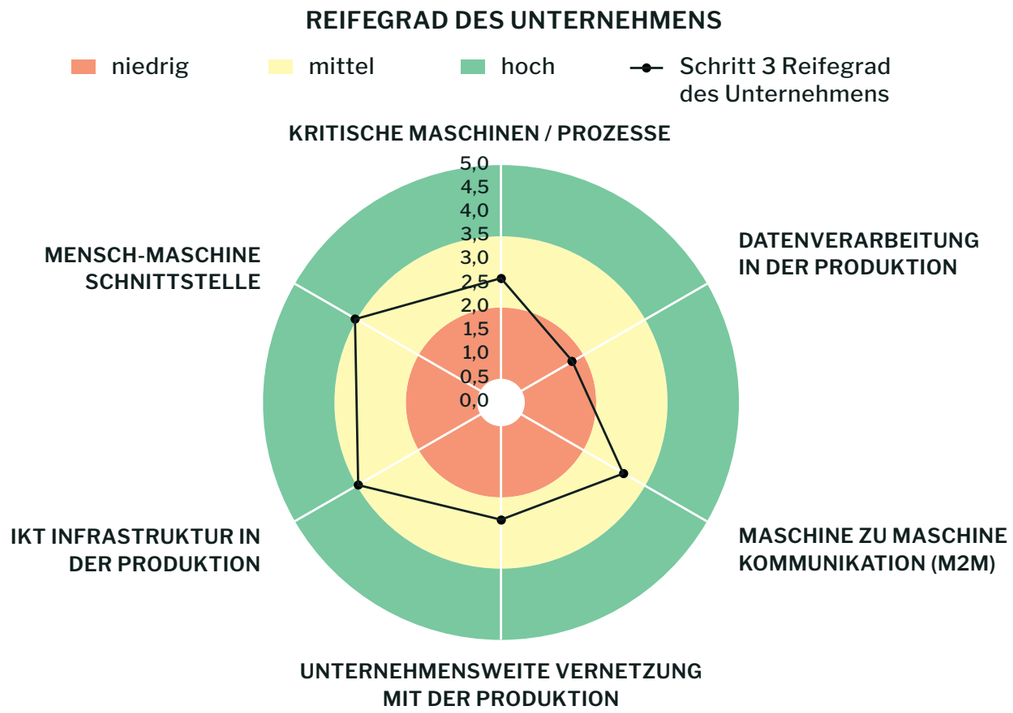


Abbildung 7: Diagramm Reifegrad des Unternehmens

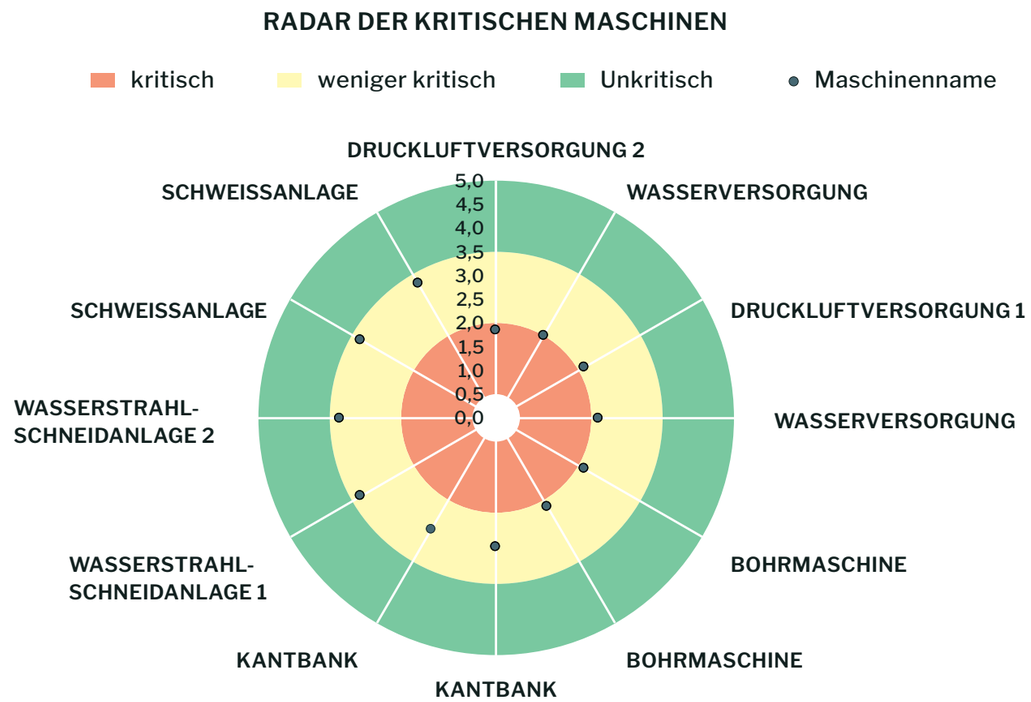


Abbildung 8: Radar der kritischen Maschinen

WAS STEHT IN DIESEM LEITFADEN?
EINFÜHRUNGSPHASE (UNTERNEHMENSSPEZIFISCH)

In der Einführungsphase wird die in diesem Leitfaden erarbeitete Entscheidung weiter detailliert und in entsprechende Projekte überführt. Die Einführungsphase bildet damit den Abschluss der in diesem **PdM**-Leitfaden dargestellten Vorgehensweise.

Wer **PdM** effektiv und langfristig in seinem Unternehmen etablieren möchte, der sollte folgende drei Arbeitsschritte befolgen:

1 die Erfassung, Digitalisierung und Übermittlung von Daten,

2 die Speicherung, Analyse und Bewertung der erhobenen Daten sowie

3 die Berechnung von Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse (3).

DATEN ERFASSEN

Zur Erfassung von Daten gehört die Erfassung des „War- und Ist-Zustands“. Der „War-Zustand“ rekonstruiert die letzten drei bis fünf Jahre, um erste Erkenntnisse zu den ausgewählten problematischen Maschinen oder Anlagen zu erhalten.

Im Idealfall liegen hier die Daten der letzten drei bis fünf Jahre vor. Tabellen oder Verschriftlichungen des Maschinenzustands zu diesem Zeitraum sind äußerst hilfreich, um regelmäßige Wartungen oder Austausche zu erkennen. Häufig kann auch der Zustand eines aus den Vorgaben des Wartungsplans entnommenen Maschinenteils nützlich sein. Aus dieser Auswertung lässt sich oft ein erstes Projektpotenzial erahnen (6). Oftmals sind diese „War-Zustands-Daten“ nicht geordnet und bestehen aus einfachen Textdateien, die nicht einheitlich formatiert sind. Durch sogenannte „Textmining-Tools“ lassen sich nicht geordnete und nicht einheitlich formatierte Textdateien heutzutage recht simpel analysieren. Das Unternehmen SAP stellt beispielsweise ein kostenloses Textmining-Tool zur Verfügung. Das Unternehmen kann sich folgende Fragestellungen zur Hilfe nehmen: Welche bestehenden Daten können ausgewertet werden? Bestehen Störungs- und Servicedatenbänke der letzten drei bis fünf Jahre? Wie aufwendig ist die Vereinheitlichung dieser Daten? Bestehen Daten über den Zustand von Maschinenteilen, die nicht aufgrund von Verschleiß ausgetauscht werden mussten (5) ?

Der Ist-Zustand wird durch verschiedene **PdM**-Lösungen einer dauerhaften Kontrolle ausgesetzt. Hier geht es um die Auswahl der passenden Sensorik für die Erfassung des Ist-Zustandes, sprich die Datenproduktion. „Die Datenproduktion entspricht dem Anteil der Infrastruktur, welcher nicht verlagert werden kann und lokal am oder in der Nähe des zu untersuchenden Objekts sein muss“ (7).

DATEN ÜBERTRAGEN

Die Signalmittel liefern Daten in verschiedenen Formaten und Größen. Um diese riesigen Datenmengen zu kontrollieren und zu übermitteln, werden Big-Data-Datenbanken für die Speicherung und das Internet of Things für die Netzwerkübertragung hinzugezogen (2).

DATEN SPEICHERN

Die Speicherung der Daten aus den jeweiligen Quellen soll in einem möglichst zur Weiterverarbeitung geeigneten Format auf den entsprechenden Medien erfolgen.

Ein universell anwendbarer Lösungsansatz für Datenspeicherung kann somit hier nicht dargelegt werden. Das Unternehmen kann jedoch folgende Fragestellungen zu Hilfe nehmen:

Welche Anforderungen an das Datenbanksystem bestehen?

Welche Art der Speicherung passt zu den neu verbauten Sensoren?

Können alle Daten, bestehende sowie neu erzeugte Daten, in dieser Datenbank gespeichert werden?

DATEN ANALYSIEREN

Der Schritt 6 soll auch die Analyse der erhobenen Daten behandeln. Hier werden bestehende Daten und neue Sensordaten zusammengefügt und vereinheitlicht. Anschließend werden relevante Daten über Algorithmen extrahiert und zu Regeln zusammengefasst. Durch diese Regeln lassen sich Vorhersagen formulieren und Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse errechnen.

OPTIMIERUNGSPHASE

Anhand von den ersten kritischen Maschinen entstehen dann die ersten Lösungen für **PdM** im Unternehmen. Sind die Prototypen erfolgreich, kann nun die Einführung an weiteren Maschinen erfolgen. Bei der Optimierung geht es an dieser Stelle darum die Erfahrung zu sammeln, das Fehler-Vorhersage-Modell zu optimieren und die Vorhersage in Richtung Entscheidungshilfe und Wartungsplaneinbindung zu erweitern. Es ist denkbar, dass ein solcher Service innerhalb des Unternehmens und/oder an ihre Kunden verkauft werden kann. Ein präventiver Wartungsplan wird so nicht zunichtegemacht, sondern er geht kontrolliert in eine zustandsorientierte und vorausschauende Wartung über.

DOWNLOADEN SIE DEN PDM-LEITFADEN SOWIE DAS DAZUGEHÖRIGE ***EXCEL TOOL*** UNTER FOLGENDEM LINK: WWW.WFG-BORKEN.DE/PDM-LEITFADEN

PDM – IHRE ANSPRECHPARTNER BEI DER WFG UND DER WHS

WFG FÜR DEN KREIS BORKEN MBH

WIRTSCHAFTSFÖRDERUNGSGESELLSCHAFT FÜR DEN KREIS BORKEN MBH

Pia Banger - Projektleiterin
Innovationsforum *PredictiveMaintenance@KMU*
Wirtschaftsförderungsgesellschaft für den Kreis Borken mbH
Erhardstraße 11
48683 Ahaus
Tel.: 02561 / 979 99-41
E-Mail: Banger@wfg-borken.de
Internet: wfg-borken.de/innovationsforum

Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

Wissenschaftliche Begleitung des Projekts durch die WHS und das

MIB
Mechatronik Institut Bocholt

WESTFÄLISCHE HOCHSCHULE

Franz-Josef Peitzmann
Professor Fachbereich Maschinenbau
Westfälische Hochschule
Münsterstraße 265
46397 Bocholt
Internet: w-hs.de
Tel.: + 49 (2871) 2155-916
Fax: + 49 (2871) 2155-917
E-Mail: franz-josef.peitzmann@w-hs.de

Irina Schäfer M. Eng.
Westfälische Hochschule
Münsterstraße 265
46397 Bocholt
Internet: w-hs.de
Tel.: + 49 (2871) 2155-952
Fax: + 49 (2871) 2155-917
E-Mail: irina.schaefer@w-hs.de

PROJEKTPARTNER

KOORDINATION UND DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS DURCH DIE WIRTSCHAFTSFÖRDERUNGSGESELLSCHAFT FÜR DEN KREIS BORKEN MBH

WFG FÜR DEN KREIS BORKEN MBH

PARTNER

EFFIZIENZ AGENTUR NRW – efa+ Regionalbüro Münster

wfc WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG KREIS COESFELD GMBH

TAFH MÜNSTER Cooperation & Innovation

WEST Wirtschaftsförderungs- und Entwicklungsgesellschaft Steinfurt mbH

gfw® Gesellschaft für Wirtschaftsförderung im Kreis Warendorf mbH

Westfälische Hochschule
Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen
University of Applied Sciences

MÜNSTERLAND E.V. FÜR DAS GUTE LEBEN.

PILOTUNTERNEHMEN

Ferro Umformtechnik®
• schneiden • kanten • bearbeiten

B+K BISCHOF + KLEIN

IMPRESSUM

HERAUSGEBER
Wirtschaftsförderungsgesellschaft für den Kreis Borken mbH
Stand: September 2020

GESTALTUNG
Celia Krämer, B. A. Design
celia.kraemer@gmx.de

DRUCK
Hötzel, RFS & Partner GmbH

BILDNACHWEISE
Cover: PopTika - shutterstock.com
S.1: Science in HD - unsplash.com
S. 8 Icons: pch.vector - de.freepik.com; freepik - de.freepik.com; rawpixel.com - de.freepik.com
S.11: href="https://de.freepik.com/fotos/geschaeft">Geschäft Foto erstellt von freepik - de.freepik.com
S.19: href="https://de.freepik.com/fotos/geschaeft">Geschäft Foto erstellt von tirachardz - de.freepik.com
S.23: ThisisEngineering RAEng - unsplash.com

LITERATURVERZEICHNIS

1. Sebastian Feldmann, Oliver Herweg, Hartmut Rauen, Peter-Michael Synek. Predictive Maintenance - Service der Zukunft – und wo er wirklich steht. München : ROLAND BERGER GMBH, 2017.

2. Schreiner, Jakob. Studie: Predictive Maintenance – eher diskutiert als umgesetzt. https://www.industry-of-things.de/. [Online] 19.01.2018 [Zitat vom: 26.05.2020] https://www.industry-of-things.de/studie-predictive-maintenance-eher-diskutiert-als-umgesetzt-a-678113/.

3. Jakob Schreiner, Elisa Mundt. https://www.industry-of-things.de/. [Online] Vogel Communications Group, 2020. [Zitat vom: 20.05.2020.] https://www.industry-of-things.de/was-ist-predictive-maintenance-definition-anwendung-und-beispiele-a-693842/.

4. Dipl. -Ing. (FH) Stefan Luber, Nico Litzel. www.bigdata-insider.de. [Online] 06.09.2017 [Zitat vom: 20.05. 2020] https://www.bigdata-insider.de/was-ist-predictive-maintenance-a-640755/.

5. Rottstegge, Fabian. Erstellung eines Leitfadens zur Integration von Predictive-Maintenance-Lösungen in klein- und mittelständische Unternehmen aus der Region Münsterland. Bachelorarbeit. Bocholt : s. n., 2019.

6. LeanBI AG, Marc Tesch. PREDICTIVE MAINTENANCE: WIE STARTEN? [Online] LeanBI AG, 01.07.2018 [Zitat vom: 26.05.2020] https://leanbi.ch/blog/predictive-maintenance-wie-starten/.

7. Bachmair. Der Weg zu predictive Maintenance in der industriellen Serienfertigung. s.l. : Akademiker Verlag, 2016.

8. Björn Heinen, Clara Hartmann. www.industry-of-things.de. [Online] 28.01.2020 [Zitat vom: 20.05.2020] https://www.industry-of-things.de/wann-ist-predictive-maintenance-sinnvoll-a-898205/.

9. H. Rauen, R. Anderl, J. Fleischer. Leitfaden Industrie 4.0 Orientierungshilfe zur Einführung in den Mittelstand. s.l. : VDMA, TU Darmstadt Datenverarbeitung in der Produktion, wbk Institut für Produktionstechnik Karlsruher Institut für Technologie, 2015. ISBN 978-3-8163-0677-1.

10. Jakob Schreiner, Elisa Mundt. Industry of Things. [Online] 31.01.2020 [Zitat vom: 26.05.2020] https://www.industry-of-things.de/iot-basics-was-ist-predictive-maintenance-a-693842/.

DOWNLOADEN SIE DEN PDM-LEITFADEN SOWIE DAS DAZUGEHÖRIGE ***EXCEL TOOL*** UNTER FOLGENDEM LINK:
WWW.WFG-BORKEN.DE/PDM-LEITFADEN