

DIN EN IEC 63270

ICS 25.040.01; 35.240.50

Einsprüche bis 2022-10-12

Entwurf**Geräte und Systeme für die industrielle Automatisierung –
Vorausschauende Wartung
(IEC 65E/877/CD:2022);
Text Deutsch und Englisch**

Industrial automation equipment and systems –
Predictive maintenance
(IEC 65E/877/CD:2022);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-08-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 85 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 65E/877/CD:2022-01 „Industrial automation equipment and systems – Predictive maintenance“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/SC 65E „Devices and integration in enterprise systems“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 931 „Systemaspekte der Automatisierung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Inhalt

	Seite
EINLEITUNG.....	6
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe und Abkürzungen.....	8
3.1 Begriffe.....	8
3.2 Abkürzungen.....	9
4 Allgemeines.....	9
4.1 Übersicht.....	9
4.2 Funktionales Strukturmodell.....	11
4.3 Verfahrensanweisung.....	12
4.4 Verfahren.....	13
4.5 Infrastrukturschnittstelle.....	13
4.6 Anwendungsanforderung.....	14
5 Ausrüstungsvorlage.....	15
5.1 Elemente.....	15
5.2 Modellierungsanforderungen.....	15
5.3 Modellierungsinstrumente und -verfahren.....	16
6 Zustandsüberwachung.....	16
6.1 Ziel.....	16
6.2 Anforderungen an die Daten.....	17
6.3 Modell.....	18
6.4 Kompatibilität.....	18
7 Fehlerdiagnose.....	19
7.1 Diagnoseeingang.....	19
7.2 Diagnoseausgang.....	19
7.3 Diagnose.....	20
7.3.1 Festlegung von Fehlern.....	20
7.3.2 Festlegung der Diagnose.....	20
7.3.3 Verfahren für die Fehlerdiagnose.....	21
7.3.4 Fehlerdiagnosealgorithmus.....	21
7.3.5 Auswahl des Verfahrens.....	21
7.4 Konfidenz.....	21
7.5 Unterstützung.....	22
8 Vorhersage der Restlebensdauer.....	22
8.1 Vorausschauender Eingang.....	22
8.2 Vorausschauender Ausgang.....	23
8.3 Vorhersageverfahren.....	23
8.3.1 Vorhersage der Restlebensdauer.....	23

8.3.2	Vorhersage der Restlebensdauer.....	23
8.3.3	Vorhersage-Algorithmus.....	24
8.3.4	Unsicherheitsanalyse.....	25
8.4	Konfidenz.....	25
8.5	Unterstützung.....	25
9	Instandhaltungsmanagement.....	26
9.1	Übersicht.....	26
9.2	Art und Beziehung von Instandhaltungsprozessen.....	26
9.3	Status und Umwandlung.....	26
9.4	Systemschnittstellen.....	27
9.4.1	Überblick über die Systemschnittstellen.....	27
9.4.2	Externe Systemschnittstelle.....	28
Anhang A (informativ) Vorausschauende Instandhaltung in Automationssystemen.....		30
A.1	Übersicht.....	30
A.2	Zustandsüberwachung.....	30
A.3	Fehlerdiagnose.....	31
A.4	Vorhersage der Restlebensdauer.....	31
A.5	Instandhaltungsmanagement.....	31
Anhang B (informativ) Ausrüstungsvorlage der vorausschauenden Instandhaltung.....		32
B.1	Coriolis-Massendurchflussmesser.....	32
B.2	Radar (Pegelmessung).....	33
B.3	Temperaturmessumformer.....	34
B.4	Bewegungssteuerungssystem.....	35
Anhang C (informativ) Anwendungsszenarien der vorausschauenden Instandhaltung.....		37
C.1	Durchflussmesser & Kompressor.....	37
C.1.1	Übersicht.....	37
C.1.2	Vorausschauende Instandhaltung von Gaskompressoren.....	38
C.1.3	Durchflussmessgerät.....	38
C.2	Getriebe.....	40
C.2.1	Zustandsüberwachung auf der Grundlage des Eigenwerts.....	40
C.2.2	Frequenzselektivitätsbasierte Fehlerdiagnose.....	40
C.2.3	Vorhersage auf der Grundlage eines Expertensystems:.....	41
Literaturhinweise.....		43
Bilder		
Bild 1 – Arbeitsprozess der vorausschauenden Instandhaltung.....		6
Bild 2 – Stufe der vorausschauenden Instandhaltung von Automationseinrichtungen und -systemen.....		10
Bild 3 – Funktionales Strukturmodell der vorausschauenden Instandhaltung.....		12
Bild 4 – Ablaufdiagramm der vorausschauenden Instandhaltung.....		13
Bild 5 – Schnittstelle des Funktionsblocks der vorausschauenden Instandhaltung.....		14

Bild 6 – Beispiel der Zustandsüberwachung eines Pumpensystems.....	17
Bild 7 – Lagerschaden des Getriebes des Getrieberings.....	17
Bild 8 – Analyse der Gerätemerkmale und des Kompatibilitätsgrads.....	18
Bild 9 – Allgemeiner Prozess der Fehlerdiagnose.....	20
Bild 10 – Prozess der Vorhersage der Restlebensdauer.....	23
Bild 11 – Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer.....	24
Bild 12 – Instandhaltungs-Statusdiagramm.....	27
Bild 13 – Wechselwirkung zwischen dem Instandhaltungsmanagement von Industrieautomationseinrichtungen und anderen Funktionen.....	28
Bild A.1 – Positionierung der Zustandsüberwachung, Vorhersage und Instandhaltungsplanung in einem Fertigungssystem.....	30
Bild A.2 – Bestimmung des Gesundheitszustands einer Komponente durch die Verarbeitung tatsächlicher Eingangswerte.....	30
Bild B.1 – Grafische Ausrüstungsvorlage des Bewegungssteuerungssystems.....	36
Bild C.1 – Schematisches Diagramm für das Szenario der vorausschauenden Instandhaltung eines Gaskompressors.....	38
Bild C.2 – Zustandsüberprüfung des Coriolis-Massenstrommessgeräts.....	39
Bild C.3 – Zustandsüberwachung des Getriebes.....	40
Bild C.4 – Szenario der vorausschauenden Instandhaltung eines Getriebes (basierend auf der Frequenzselektivität).....	41
Bild C.5 – Szenario der vorausschauenden Instandhaltung von Getrieben (basierend auf dem Expertensystem).....	42
Tabellen	
Tabelle B.1 – Ausrüstungsvorlage für den Coriolis-Massendurchflussmesser.....	32
Tabelle B.2 – Ausrüstungsvorlage für Radar (Pegelmessung).....	33
Tabelle B.3 – Ausrüstungsvorlage des Temperaturmessumformers.....	35
Tabelle B.4 – Ausrüstungsvorlage des Bewegungssteuerungssystems.....	35

EINLEITUNG

Eine effiziente Produktion ist in hohem Maße von der Verfügbarkeit der Produktionseinrichtungen abhängig. Um die bestimmungsgemäße Nutzung von Einrichtungen sicherzustellen und ungeplante Ausfallzeiten zu vermeiden, muss der Status der Einrichtung und ihrer Bauteile – im weiteren Verlauf als „Anlagen“ bezeichnet – überwacht und beurteilt werden. Die Ergebnisse der Beurteilung für die vorausschauende Instandhaltung sind z. B. die Vorhersage der Restlebensdauer, notwendige Instandhaltungsaktivitäten usw. Änderungen des Produktionsarbeitsablaufs können ebenfalls initiiert werden, um die Nutzung der Einrichtung zu reorganisieren. Der Arbeitsprozess der vorausschauenden Instandhaltung ist in Bild 1 dargestellt.

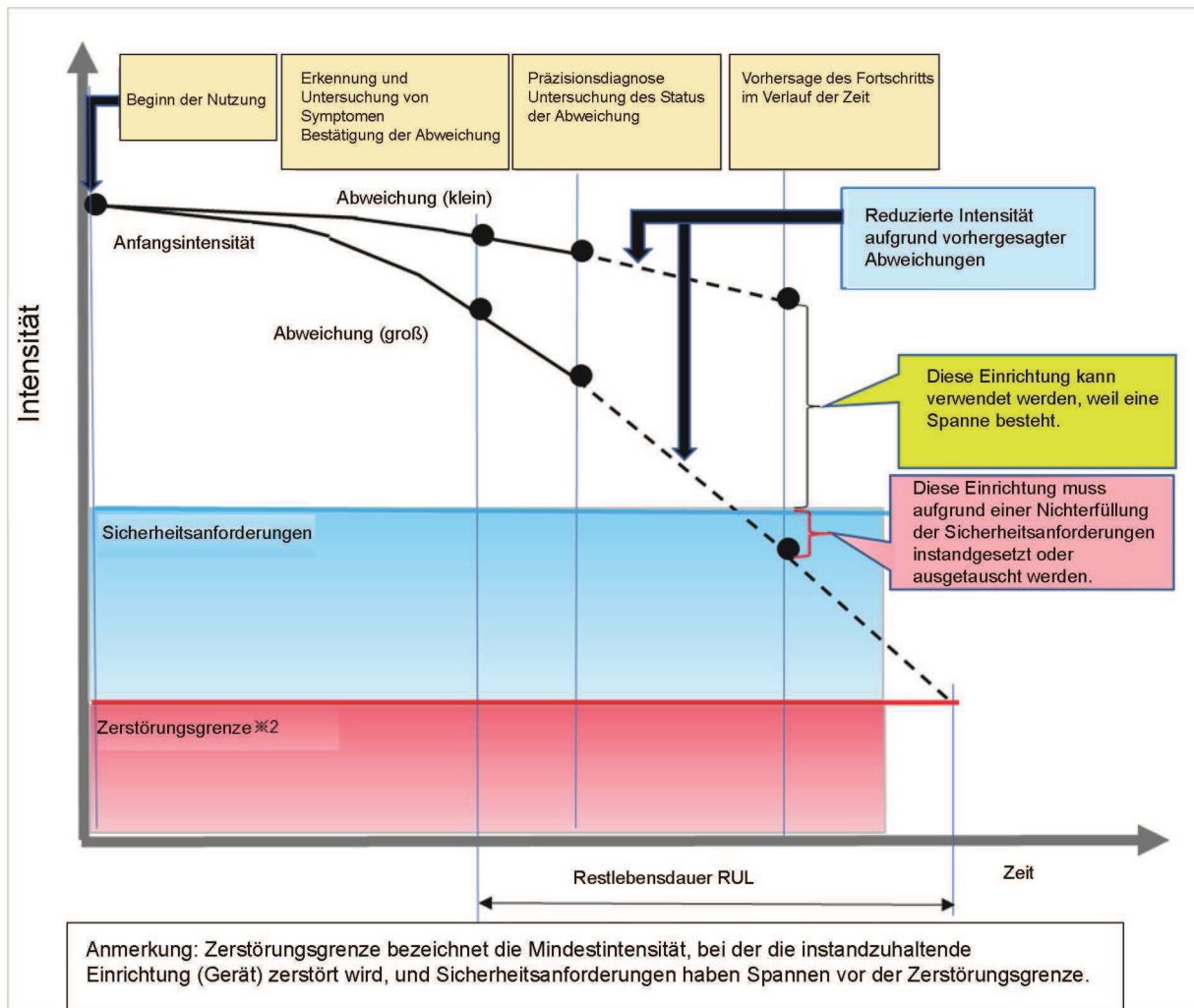


Bild 1 – Arbeitsprozess der vorausschauenden Instandhaltung

Die Verfügbarkeit von Statusinformationen ist eine Hauptvoraussetzung für eine solche Vorhersage. Moderne Automationseinrichtungen sind oftmals mit Sensoren und Selbstüberwachungsfunktionen ausgestattet. Diese Funktionen können Daten erfassen, die zur Bestimmung des Gerätestatus genutzt werden können. Die Einrichtung wird jedoch von verschiedenen Lieferanten geliefert und basiert auf unterschiedlichen Technologien. Eine einheitliche Lösung für den Datenzugriff und die Berechnung von Statusinformationen ist daher aktuell nicht verfügbar. Dies beeinträchtigt die Bemühungen zur Einführung vorausschauender Instandhaltungslösungen erheblich.

Darüber hinaus müssen die Definition, der Anwendungsbereich, das Verfahren und die funktionale Struktur der vorausschauenden Instandhaltung einschließlich des Zusammenhangs zwischen vorausschauender Instandhaltung (PM) und zustandsabhängiger Instandhaltung (CBM), diagnoseabhängiger Instandhaltung (DBM) und dem vorausschauenden und Zustandsmanagement (PHM) der strukturellen Zustandsüberwachung (SHM) und anderen Konzepten durch Normen festgelegt werden. Industrieautomationseinrichtungen und -systeme haben zwei unterschiedliche Aufgaben in der vorausschauenden Instandhaltung als „Messinstrument“

und „Gegenstand der Vorhersage“ und die Zustandsüberwachung, die Fehlerdiagnose sowie Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer können auf einem datengesteuerten oder Mechanismusmodell oder beidem basieren und ohne Normung fällt es schwer, die Genauigkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse der prädiktiven Instandhaltung aufrechtzuerhalten.

Aus den obigen Ausführungen kann ein Normungsbedarf abgeleitet werden. Die Bereitstellung eines geeigneten Verfahrens und einer geeigneten Infrastruktur, die aus einheitlichen vorausschauenden Verfahren und Schnittstellen bestehen. Ein solcher Ansatz wird eine einfache Zusammenstellung komplexer Zustandsüberwachungs- und vorausschauender Instandhaltungslösungen unterstützen und kritische Informationen für Einrichtungen und Fabriken auf der Grundlage originaler Daten und Analyseverfahren liefern.

Geräte und Systeme für die industrielle Automatisierung – Vorausschauende Wartung

1 Anwendungsbereich

Diese Norm bietet eine Anleitung für das funktionale Strukturmodell, die Verfahrensanweisungen, das Verfahren, die Funktionsblockschnittstelle und die Datenanforderungen für die vorausschauende Instandhaltung von Ausrüstungen, Geräten und Systemen von Automatisierungsanwendungen.

Die Zustandsüberwachung liegt nicht im Anwendungsbereich dieser Norm, kann aber ein wichtiger Beitrag zur vorausschauenden Instandhaltung sein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 62904, *Industrial-process measurement, control and automation - Uniform representation of condition monitoring functions*

IEC 63082-1, *Intelligent Device Management - Part 1: Concepts and Terminology*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Begriffe

3.1.1

vorausschauende Instandhaltung

en: predictive maintenance

Form der vorbeugenden Instandhaltung, die kontinuierlich oder in Intervallen in Abhängigkeit von den festgestellten zu überwachenden Zuständen, Diagnosen oder dem Trend einer Struktur, eines Systems oder den Zustandsindikatoren eines Bauteils durchgeführt wird. Die Ergebnisse geben die aktuelle und zukünftige Funktionsfähigkeit oder die Art und den Terminplan für die geplante Instandhaltung wieder

[QUELLE: IEC 62342:2007, 3.14, geändert – Anmerkungen wurden gestrichen]

3.1.2

vorbeugende Instandhaltung

en: preventive maintenance

Instandhaltung in festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien mit der Absicht, die Ausfallwahrscheinlichkeit oder die Funktionsminderung einer Einheit zu reduzieren

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.55]

3.1.3

Zustandsüberwachung

en: condition monitoring

Aufzeichnung und Bewertung des Zustands einer technischen Einheit zu Instandhaltungszwecken

3.1.4

Instandhaltung

en: maintenance

Aktivität einschließlich beaufsichtigender Maßnahmen, mit denen eine Einheit in einem Zustand erhalten oder in ihn zurückversetzt werden soll, in dem sie eine geforderte Funktion ausführen kann

3.1.5

zustandsabhängige (bedingte) Instandhaltung

en: condition-based (conditional) maintenance

vorbeugende Tätigkeit, basierend auf der protokollierten Abnahme der Leistungsfähigkeit eines Objektes (als Folge von z. B. automatischer Diagnose oder Verschleißmessung)

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese gründet auf einwandfreier Sichtbarkeit von Leistungsabfall oder zeitweiligen Ausfällen.

[QUELLE: IEC 61918:2013, 3.1.22]

3.1.6

Infrastrukturschnittstelle

en: infrastructure interface

gemeinsame Grenze zwischen zwei Funktionsblöcken, welche durch funktionelle Eigenschaften, Signaleigenschaften oder andere entsprechende Eigenschaften definiert ist

[QUELLE: IEC 62390:2005, 3.1.16, geändert – „funktionale Einheiten“ in „Funktionsblöcke“]

3.2 Abkürzungen

PM	Vorausschauende Instandhaltung (en: predictive maintenance)
RUL	Restnutzungsdauer (en: remaining use life)
CBM	Zustandsabhängige Instandhaltung (en: condition based maintenance)
TBM	Zeitbasierte Instandhaltung (en: time based maintenance)
FMEA	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (en: fault modes and effects analysis)
FTA	Fehlerbaumanalyse (en: fault tree analysis)
FDT	Feldgeräteinstrument (en: field device tool)
DTM	Gerätetyp-Manager (en: device type manager)
OPC UA	OLE für Prozesssteuerung (OLE for process control) einheitliche Architektur

4 Allgemeines

4.1 Übersicht

Die Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung von Automationseinrichtungen und -systemen kann in die folgenden drei Kategorien entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen und Zwecken unterteilt werden, wie in Bild 2 gezeigt:

Kategorie I: die Realisierung der zustandsabhängigen Instandhaltung (CBM), das heißt durch die Erfassung kritischer Daten des Betriebszustands der Einrichtung, die vollständigen Funktionen der Statusidentifizierung und die Standardfehlerdiagnose und die Bereitstellung grundlegender Instandsetzungs- und Instandhaltungsstrategien wie etwa Alarme, Abschaltungen usw. Diese Art der vorausschauenden Instandhaltung kann auf MES oder anderen Informationssystemen basieren.

Kategorie II: die Realisierung der vorausschauenden Instandhaltung, das heißt durch die Erfassung von Daten in Bezug auf den Betriebsstatus der Einrichtung und Erfüllung der Funktionen der Statuserkennung, der Fehlerdiagnose, der Lebensdauervorhersage usw. und Bereitstellung von Instandsetzungs- und Instandhaltungsprogrammen im Voraus, um das Instandsetzungs- und Instandhaltungsmanagement der Einrichtung zu unterstützen. Diese Art der prädiktiven Instandhaltung sollte auf einem unabhängigen System basieren, das mit dem MES oder anderen Informationssystemen verbunden werden kann.

Kategorie III: Instandhaltung auf der Grundlage des gesamten Lebensdauermanagements, das heißt durch die umfassende Erfassung der Betriebszustandsdaten der Einrichtung und Erfüllung der Funktionen der Zustandserkennung, der Fehlerdiagnose und der Lebensdauervorhersage usw., und kann ein vollständiges und glaubwürdiges Instandsetzungs- und Instandhaltungsprogramm im Voraus liefern und als Anleitung für das Management der Instandsetzung und Instandhaltung der Einrichtung dienen. Das System, das diese Aufgabe erfüllt, kann die Vorhersageergebnisse kontinuierlich optimieren und die Verlässlichkeit und Durchführbarkeit der Vorhersage mithilfe von Technologien wie der virtuellen Simulation, künstlicher Intelligenz und Systemintegration verbessern. Diese Art der Instandhaltung reduziert nicht nur die Nutzungs- und Instandhaltungskosten der Einrichtung, sondern schöpft auch neuen Wert durch die Optimierung von Betriebsentscheidungen.

Die ausfallbasierte und vorbeugende Instandhaltung sind ebenfalls wichtige Arten der Instandhaltung, liegen aber außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Diese Norm behandelt die vorausschauende Instandhaltung der Kategorie II, aber einige der Inhalte können auf die vorausschauende Instandhaltung der Kategorie I und III angewendet werden.

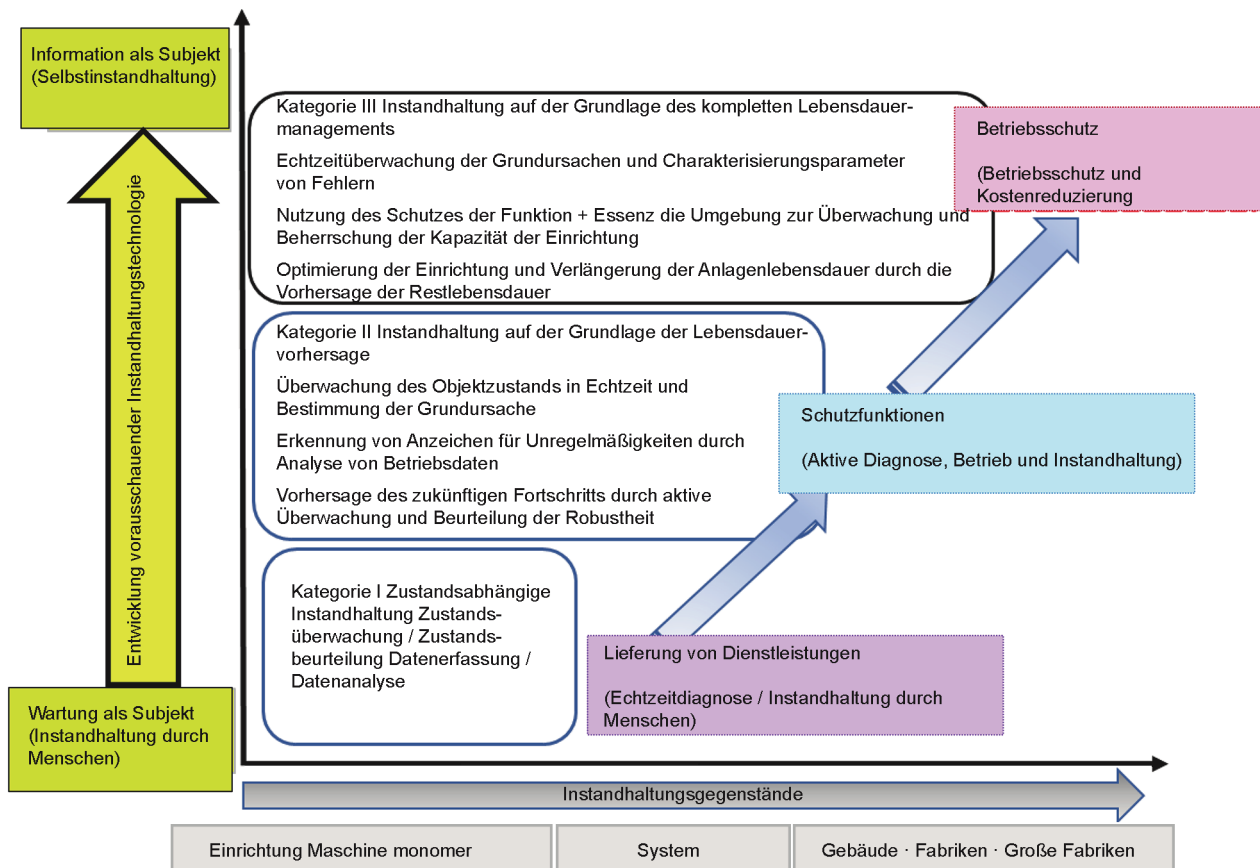


Bild 2 – Stufe der vorausschauenden Instandhaltung von Automationseinrichtungen und -systemen

4.2 Funktionales Strukturmodell

Die allgemeine Funktionsstruktur der vorausschauenden Instandhaltung wird jedoch eher starr bleiben (siehe Bild 3). Die Bestimmung des aktuellen Zustands einer Anlage muss mithilfe von Sensorfunktionen erfolgen. Auf dieser Grundlage können eine Berechnung des Zustands und eine Zustandsbeurteilung vorgenommen werden. Dies ist eine Voraussetzung für die Fehlerdiagnose und die Festlegung von Instandsetzungsmaßnahmen einerseits und die Vorhersage der Restlebensdauer und die Festlegung von Instandhaltungsmaßnahmen andererseits.

Der Fehlerdiagnoseprozess beinhaltet die Fehleridentifizierung, die Fehlerlokalisierung usw. Wenn angenommen wird, dass ein Fehler aufgetreten ist, kann auf den Vorhersageprozess verzichtet und direkt mit der Instandhaltungsmanagementphase fortgefahren werden. Wenn der Fehler nicht auftritt oder kurz bevorsteht, müssen die Daten der Fehlerdiagnose und der Zustandsüberwachung zusammen in die Vorhersagephase übertragen werden, um die RUL-Vorhersage zu erstellen und die Informationen in die Phase des Instandhaltungsmanagements zu übertragen.

Die RUL-Vorhersage ist die Hauptphase der vorausschauenden Instandhaltung. Die Beiträge zur Vorhersage umfassen historische Informationen der Einrichtung (Betriebszustände, Umgebung, Fehlerinformationen usw.), Zustandsinformationen der Einrichtung, Fehlerdiagnoseinformationen usw. Die relevanten Vorhersageverfahren werden in Abschnitt 7 dieser Norm beschrieben.

Zum Schluss müssen alle Instandhaltungsmaßnahmen reibungslos in eine Instandhaltungsmanagementlösung auf Fertigungsbetriebsmanagementebene integriert werden. Unabhängig von den spezifischen Funktionalitäten sollte ein systematischer Ansatz eingeführt werden, um ein vorausschauendes Instandhaltungssystem zu entwickeln.

Die Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen liegen nicht im Anwendungsbereich der vorausschauenden Instandhaltung, müssen jedoch im Anwendungsbereich der Instandhaltungsaktivität liegen.

Diese funktionale Struktur deckt beide Ansätze ab, d. h. die Instandhaltung vor Ort und die Ferninstandhaltung. Die technischen Entwicklungen und besonders die Kommunikations- und Datenverarbeitungslösungen werden die Nutzung der Fernüberwachung und Ferninstandhaltung verbessern. Anhang A enthält eine Abbildung dieses funktionalen Strukturmodells in einem Automationssystem.

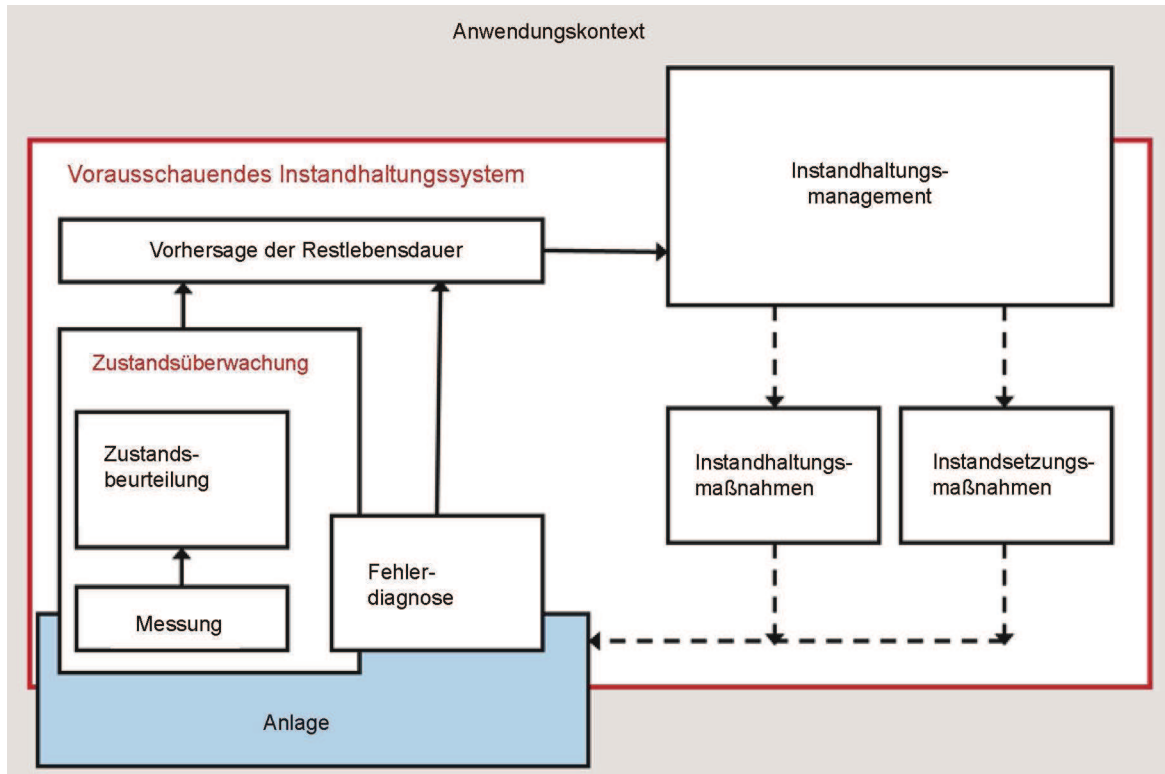


Bild 3 – Funktionales Strukturmodell der vorausschauenden Instandhaltung

4.3 Verfahrensanweisung

Der allgemeine Prozess und die bei der Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung der Einrichtung zu befolgenden Schritte sind in Bild 4 dargestellt. Die Arbeit der vorausschauenden Instandhaltung der Einrichtung muss sich auf die Identifizierung und Vermeidung von Fehlerarten von Grundursachen konzentrieren.

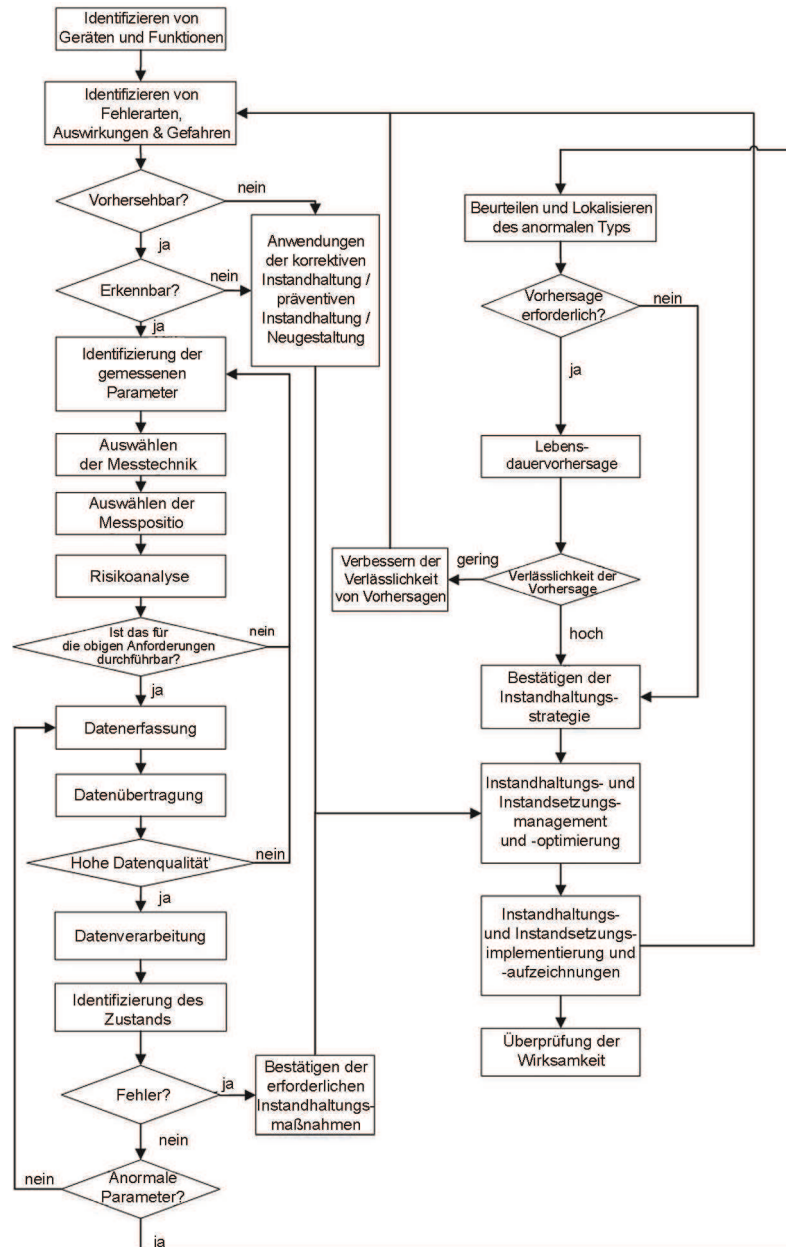


Bild 4 – Ablaufdiagramm der vorausschauenden Instandhaltung

4.4 Verfahren

Die Vorhersage steht im Mittelpunkt der vorausschauenden Instandhaltung. Je nach Eingangsdaten bestehen üblicherweise drei Kategorien vorausschauender Instandhaltungsverfahren.

- Die erste Kategorie basiert auf der Vorhersage des Mechanismusmodells.
- Die zweite Kategorie ist die datenbasierte Vorhersage.
- Die dritte Kategorie ist die Vorhersage auf der Grundlage des Hybridmodells.

Die Art und die Anforderungen der Datenerfassung variieren je nach Vorhersageverfahren.

4.5 Infrastrukturschnittstelle

Ein Funktionsblock für die vorausschauende Instandhaltung muss modularisiert werden und die notwendigen Teile der Instandhaltungsaktivität enthalten, um die Funktionen wie in Bild 5 gezeigt zu erfüllen. Er muss unter Beachtung der funktionalen Sichtweise nach ISO 42010 [ISO 42] festgelegt werden. Der Funktionsblock muss

daher die notwendigen Teile, die allgemeine Struktur, die internen Schnittstellen zwischen den funktionalen Teilen und die externen Schnittstellen zu den relevanten Systemen festlegen. Er darf keine spezifische technologieabhängige Implementierung festlegen.

Die Teile beinhalten Funktionalitäten für

- Datenerfassung und Vorverarbeitung (Messung)
- Zustandsbeurteilung
- Fehlerdiagnose
- Vorhersage der Restlebensdauer
- Rückmeldungen aus Instandsetzungs- und Instandhaltungsmaßnahmen

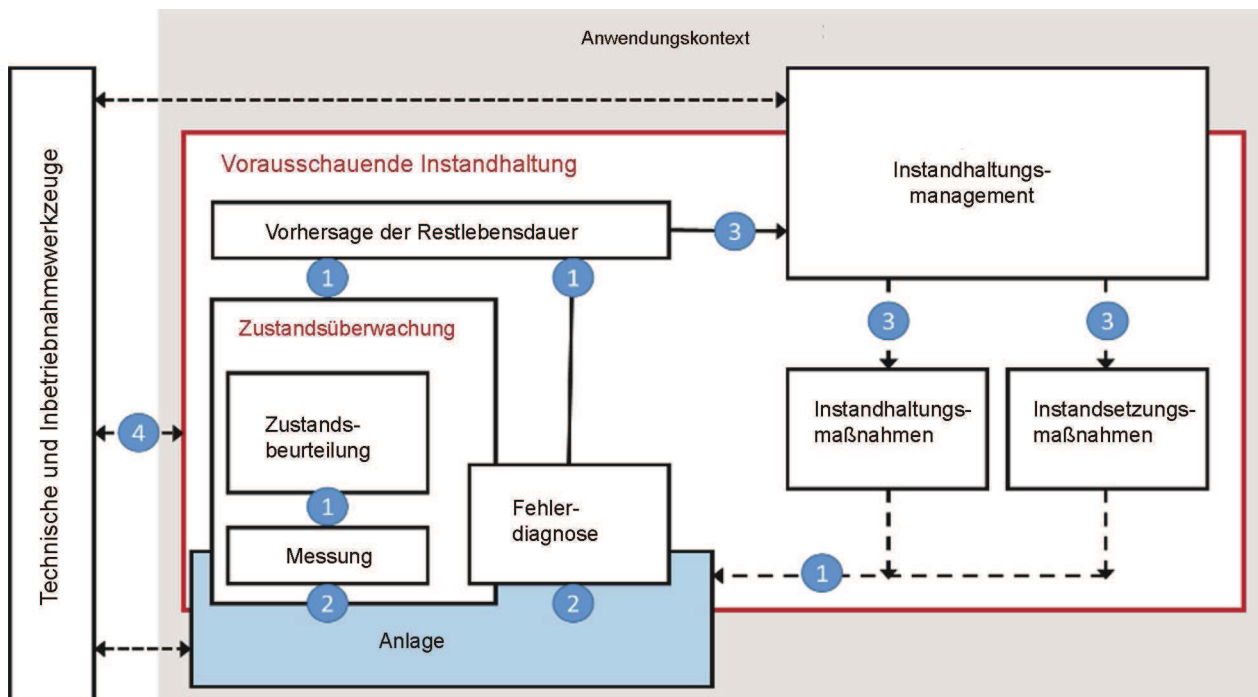


Bild 5 – Schnittstelle des Funktionsblocks der vorausschauenden Instandhaltung

Darüber hinaus müssen alle Teile dieses Funktionsblocks Funktionen für die allgemeine Identifizierung, die Selbstbeschreibung und das Management von Teilen enthalten. Diese Funktionen können unter Verwendung eines Anlagenverwaltungsprogramms erfüllt werden.

Die Festlegung funktionaler Schnittstellen muss die Beschreibung von Schnittstellen enthalten (siehe Bild 9):

- Zwischen den vorgenannten funktionalen Teilen ①
- Zwischen Datenquellen und den funktionalen Teilen ②
- Zwischen funktionalen Teilen und dem Instandhaltungsmanagement, z. B. Fertigungsbetriebsmanagement (MOM) ③, wie in IEC 62264-3 Aktivitäten definiert.
- Zwischen den funktionalen Teilen und den technischen und Inbetriebnahmewerkzeugen ④

Basierend auf diesen Schnittstellenspezifikationen können die spezifischen Implementierungstechnologien abgebildet werden.

4.6 Anwendungsanforderung

Die Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- (1) Bestätigen, dass bei dem Objekt die Notwendigkeit zur Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung besteht. Die vorausschauende Instandhaltung erfordert Hardware, Software und Daten

sowie Investitionen. Gleichzeitig kann die Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung aufgrund der Genauigkeit des Vorhersageverfahrens zusätzliche Risiken beinhalten. Aus diesem Grund muss der Gegenstand der Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung die Notwendigkeit der Kosten, Sicherheit usw. beinhalten.

- (2) Die Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung muss auf Fehler mit „Verschleißeigenschaften“ anstatt auf zufällige Fehler ausgerichtet sein. Objekte, die die vorausschauende Instandhaltung implementieren, müssen einen anormalen Arbeitsprozess aufweisen, der die Anforderungen an die Zustandsüberwachung vor dem Auftreten eines Ausfalls erfüllt. Die vorausschauende Instandhaltung wird nicht bei Ausfällen zu irgendeinem Zeitpunkt funktionieren, deren Ausfallmechanismus nicht bestimmt und im Vorfeld überwacht werden kann.
- (3) Die mit dem Fehler verbundenen Parameter müssen überwacht werden. Die Zustandsüberwachung bildet die Grundlage für die vorausschauende Instandhaltung. Die vorausschauende Instandhaltung setzt die Fähigkeit voraus, überwachbare Parameter, die Fehlerinformationen enthalten, zu finden. Die Korrosion des Gehäuses einer Befestigung ist derzeit beispielsweise schwer mit Monitoren zu überwachen und sobald Korrosionsrisse aufgetreten sind, können ihre Schwingungssignale mithilfe der vorausschauenden Instandhaltung überwacht werden.
- (4) Historische Daten und die notwendigen Prüfungen können unterstützende Daten liefern. Historische Daten können Informationen zu Fehlerdiagnosen und Fehlerorten liefern. Die notwendigen Prüfungen können die Genauigkeit des Vorhersagealgorithmus verbessern und sind für die Implementierung der vorausschauenden Instandhaltung wesentlich.
- (5) Die Konfidenz der vorausschauenden Instandhaltung muss innerhalb des für den Anwender akzeptablen Bereichs liegen. Instandhaltungsvorhersagen mit geringer Konfidenz können zu übermäßiger Instandhaltung führen, was die Kosten erhöht und Ressourcen verschwendet. Anwender müssen die vorausschauende Instandhaltung daher zur Unterstützung der Entscheidungsfindung nutzen und das Konfidenzniveau kontinuierlich verbessern.

5 Ausrüstungsvorlage

Ausrüstungsvorlagen sind Instrumente für die Erstellung von Ausrüstungsmodellen auf der Grundlage der erwarteten Ausfallarten. Sie liefern allgemeine Ausfallarten und die entsprechenden Datenanforderungen, die vorhergesagt werden können.

Ausrüstungsvorlagen dienen als Referenz für die Datenerfassung der vorausschauenden Instandhaltung. Die Erstellung von Ausrüstungsvorlagen ist jedoch ein notwendiger Prozess für die vorausschauende Instandhaltung. Einzelheiten zu der Ausrüstungsvorlage können Anhang B entnommen werden.

5.1 Elemente

Die grundlegenden Elemente der Ausrüstungsvorlagen umfassen:

- Ausrüstung: Informationen über Systeme, Ausrüstung und Geräte;
- Ausfallart: Eine Ausfallart in Verbindung mit jeder Ebene der Ausrüstung und des Systems, üblicherweise ein diagnostizierbarer und systemischer Ausfall;
- Anforderungen an die Daten: Notwendige Daten für die Diagnose und Vorhersage in Verbindung mit der Ausfallart.

Ausrüstungsvorlagen können darüber hinaus Beschreibungen jedes Elements unter Angabe der ausführlichen Anforderungen an die Daten wie etwa die Mindestabtastrate, die Messdauer und anderen spezifischen Inhalt, sofern erforderlich, enthalten.

5.2 Modellierungsanforderungen

Ausrüstungsvorlagen setzen sich aus Elementen in Abhängigkeit von verschiedenen Beziehungen zusammen. Ein Element ist eine Kombination mehrerer notwendiger Informationseinheiten, d. h. die Mindesteinheit der Modellierung der Ausrüstungsvorlage.

Elemente können in Variablen, Teile und Objekte unterteilt werden. Variablen sind ein grundlegendes Element, das hauptsächlich analoge Größen, diskrete Größen und statische Informationen sowie in der Lagertemperatur und Drehzahl enthaltene analoge Größen enthält. Die diskrete Größe enthält den Betriebszustandswert der Einheit. Statische Informationen sind Attributinformationen, die sich nicht im Verlauf der Zeit ändern, wie etwa Ausrüstungsparameter und Ausfallart. Teile sind Instanzenerklärungen von Elementen, die die physische Einheit repräsentieren. Objekte sind Instanzierungsobjekte von Elementen und beziehen sich auf eine bestimmte Art von Gerät.

In der Modellierung muss die Informationseinheit in verschiedene Elemente unterteilt werden, um ein Komponentenmodell zu bauen. Das objektorientierte Informationsmodell und die Modellierungstechnologie können verwendet werden, um eine einheitliche Datenorganisation und ein Datenmanagement auf der Grundlage der relevanten Industrienormen, des Codierungssystems und der Anwendungsanforderung zu erzielen, so dass die Daten jedes Systems durch ein einheitliches Geräteobjekt assoziiert werden können.

5.3 Modellierungsinstrumente und -verfahren

Das Gerätevorlage-Modellierungsverfahren besteht aus drei Schritten.

- Schritt 1: Bestimmen der Modellstruktur und organisatorischen Beziehungen auf der Grundlage von Objekten.
- Schritt 2: Erstellen des Ausrüstungsmodells entsprechend den Ergebnissen des Cardings.
- Schritt 3: Erstellung der Ausrüstungsvorlage.

Für die Ausrüstungsvorlage stehen zahlreiche Instrumente zur Verfügung. XML kann für maschinenlesbare Systeme verwendet werden.

6 Zustandsüberwachung

6.1 Ziel

Die Zustandsüberwachung bildet die Grundlage für die vorausschauende Instandhaltung und im Mittelpunkt der Zustandsüberwachung stehen die Datenerfassung und die Unterscheidung zwischen Zuständen. Durch die Analyse von Daten wie etwa die Betriebsprotokolle des Geräts kann dessen Betriebsstatus effektiv bewertet und potenzielle anormale Zustände des Geräts können dynamisch und rechtzeitig erkannt werden, um eine gezielte Instandhaltungslösung zu generieren.

In dem Beispiel in Bild 6 können mechanische Schäden und elektrische Fehler durch die Überwachung des Zustands der Pumpe, des Getriebes und des Motors vorhergesagt werden.

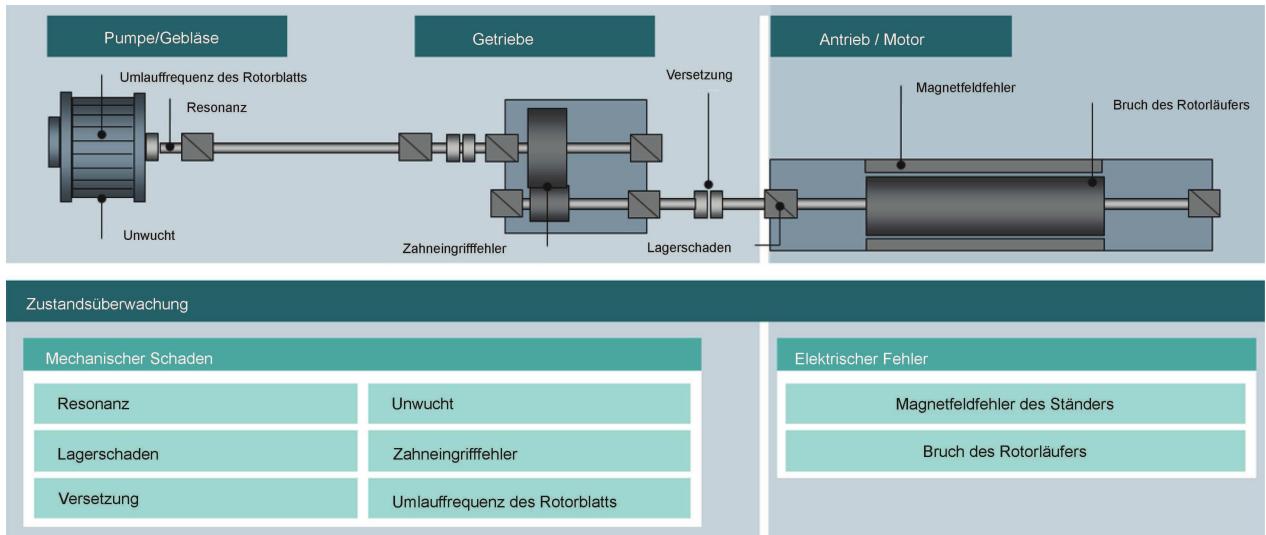


Bild 6 – Beispiel der Zustandsüberwachung eines Pumpensystems

6.2 Anforderungen an die Daten

Die Datenerfassung der Ausrüstung muss entsprechend den Anforderungen und Verfahren der vorausschauenden Instandhaltung bestimmt werden. Wenn das Analyseverfahren auf der Grundlage von Datenstatistiken angewendet wird, werden hauptsächlich die Betriebszustände, der Alarmstatus und statistische Informationen der Ausrüstung erfasst. Wenn das Analyseverfahren auf der Grundlage des Mechanismusmodells angewendet wird, werden die Daten des Betriebszustands der Ausrüstung erfasst und die Daten müssen den Betriebszustand des Geräts im Verlauf der Zeit kontinuierlich und wahrheitsgetreu wiedergeben.

Als Beispiel dienen der Lagerschaden des Getrieberings und das Getriebe in Bild 7. Die Zustandsüberwachung des Getriebes erfolgt durch die Erfassung seiner Schwingungs- und anderer verbundener Daten und die Echtzeit-Analyse und Diagnose der Daten dient dazu, eine frühzeitige Abschaltungsinstandhaltung durchzuführen, wenn anormale Wellenformen auftreten, um Verluste durch den Ausfall von Ausrüstung zu reduzieren.

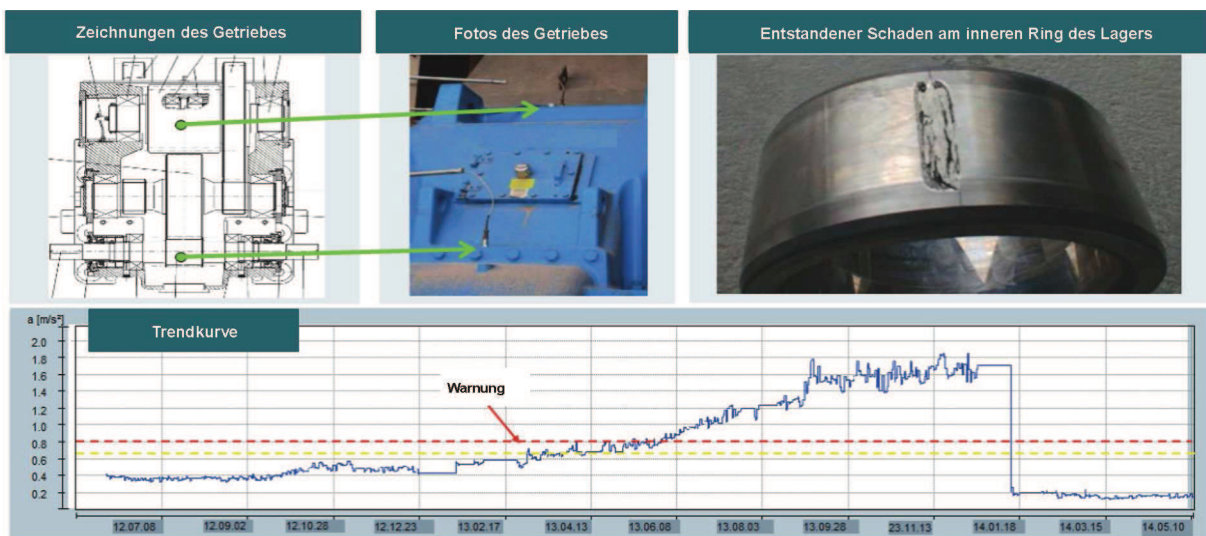


Bild 7 – Lagerschaden des Getriebes des Getrieberings

Die Verfahren für die Datenerfassung der Ausrüstung umfassen hauptsächlich:

- Grundlegende Datenerfassung der Ausrüstung
- Erfassung der Betriebszustandsdaten der Ausrüstung

- Erfassung der Betriebszustandsdaten der Ausrüstung
- Erfassung der Alarmstatusdaten der Ausrüstung
- Erfassung der statistischen Daten der Ausrüstung
- Erfassung der Managementdaten des Verarbeitungsstatus der Ausrüstung
- Andere relevante Daten (Umgebung, Personal)

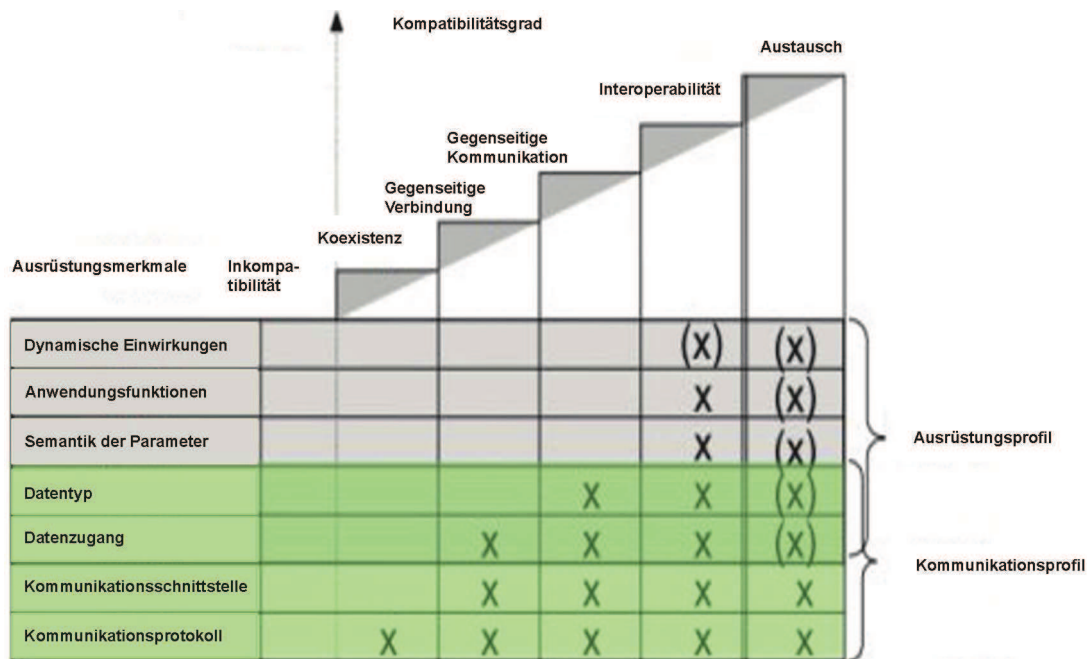
6.3 Modell

Das Informationsmodell für die Zustandsüberwachung sollte ein Funktionsblockmodell verwenden, siehe Einzelheiten in IEC 62904.

6.4 Kompatibilität

Die vorausschauende Instandhaltung erfordert genormte Kommunikationskonzepte, die die gleichzeitige Existenz verschiedener Kommunikationsprotokolle zur Unterstützung der Datenanforderungen erlauben. Um die Kompatibilität von Kommunikationskonzepten sicherzustellen, können Indikatoren wie die gegenseitige Verbindung, die gegenseitige Kommunikation, die Interoperabilität und der Austausch berücksichtigt werden.

Wie in Bild 8 gezeigt, ist es nach IEC TR 62390 erforderlich, Folgendes im Bereich der Ausrüstungs- und Kommunikationsprofile zu berücksichtigen: Kommunikationsprotokolle, Kommunikationsschnittstellen, Datenzugriff, Datentypen, Parametersemantik, Anwendungsfunktionen, dynamische Einwirkungen usw.



ANMERKUNG: (X) gibt an, dass die Interaktivität entsprechend diesem Attribut existieren kann oder nicht.

Bild 8 – Analyse der Gerätemerkmale und des Kompatibilitätsgrads

Entsprechend der Analyse der Norm IEC TR 62390 für die Messung des Kompatibilitätsgrads der Kommunikation hat die industrielle Kommunikation intelligenter Geräte die folgenden Merkmale:

- Koexistenz: Verschiedene Kommunikationsprotokoll-Architekturen, die jeweils ein geschlossenes System bilden.
- Gegenseitige Verbindungen: Dieselbe Kommunikationsschnittstelle und derselbe Zugriffsmechanismus können für die gegenseitige Verbindung und die Datenübertragung verwendet werden, ohne dass diese zwangsläufig interoperabel sind.

- Gegenseitige Kommunikation: Wenn die festgelegten Datentypen und Adressenräume einheitlich sind, können die Daten ausgetauscht werden, z. B. können Geräte verschiedener Lieferanten in einem Protokollnetzwerk durch Import der Gerätebeschreibungsdateien miteinander kommunizieren.
- Interoperabilität: Wenn mehrere Protokolle und Busse vor Ort verwendet werden, müssen die verschiedenen Busse zusammenarbeiten und Informationen austauschen. Entsprechend den industriellen Kommunikationsmerkmalen intelligenter Geräte muss die Kommunikationskompatibilität der verschiedenen Typen intelligenter Geräte gestärkt werden. Die empfohlenen Kommunikationskompatibilitätskonzepte umfassen Feldbus, industrielles Ethernet, z. B. FDT/DTM & OPC UA®.

7 Fehlerdiagnose

7.1 Diagnoseeingang

Die Fehlerdiagnose- und Kommunikationsfunktionen des Geräts sind die grundlegenden Elemente der Fehlerdiagnose. Die Eingangsanforderungen für die Fehlerdiagnose lauten:

- Alle Eingangs- und Ausgangsdantentypen, Bereiche und Alarminformationen der Ausrüstung sollten so klar und vollständig wie möglich sein.
- Bei Geräten, die die Fehlerdiagnose unterstützen, müssen der Typ, der Bereich und die entsprechende physikalische Bedeutung der Fehlerdiagnoosedaten klar festgelegt werden.
- Bei Geräten mit integrierten Diagnose- und Alarmfunktionen muss bei der Festlegung eines Fehlerdiagnoseplans berücksichtigt werden, ob der Zeitraum des Diagnoseplans und der Diagnosefunktion die Anforderungen an die Diagnose erfüllt.
- Die Fehlerdiagnose des Geräts muss so oft wie möglich durchgeführt werden, egal, ob sie auf einem datengesteuerten Ansatz, qualitativer Erfahrung oder einem modellbasierten Ansatz basiert.
- Der für jeden Schritt der Diagnose oder Abschnitt benötigte Datentyp muss ebenso wie der in diesem Schritt erhaltene Bereich der Ergebnisse der Fehlerdiagnose klar festgelegt werden.
- Ein effizienter Datenerfassungs kanal und Speicherkapazitäten müssen eingerichtet werden, um sicherzustellen, dass normale und anormale Daten effizient erfasst und gespeichert werden können.
- Die Fehlerdiagnose der Ausrüstung hängt hauptsächlich von Fehlerdiagnoosedaten und bestehenden Modellen sowie Erfahrung ab. Sie kann darüber hinaus neue Technologien wie Deep Learning und Big Data umfassen, um Fehlerarten zu identifizieren und zu bestimmen.
- Es sollte berücksichtigt werden, dass die Ausrüstung einen großen Bereich, eine große Vielfalt und verschiedene Grade der Erfassung, Kommunikation und Analyse abdeckt. Bei Ausrüstungen mit einer bedingten Fehlerdiagnose sollte die Fehlerdiagnose so weitreichend wie möglich implementiert werden.

7.2 Diagnoseausgang

Der Ausgang der Fehlerdiagnose ist die Schlussfolgerung der Fehlerdiagnose des diagnostizierten Geräts, die bestimmt, ob das Gerät instandgesetzt oder instandgehalten werden muss. Bild 9 zeigt den grundlegenden Prozess der Fehlerdiagnose:

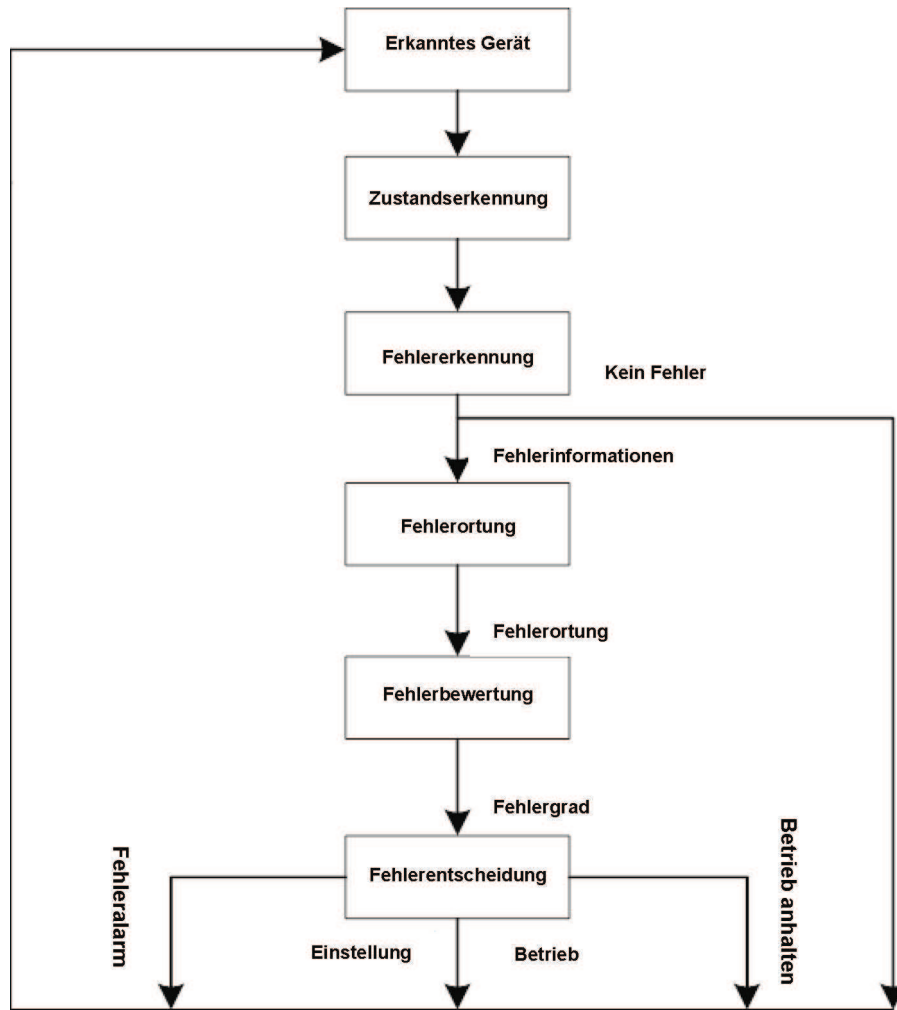


Bild 9 – Allgemeiner Prozess der Fehlerdiagnose

7.3 Diagnose

Das Fehlerdiagnoseverfahren besteht aus einer Reihe von Verfahren, die auf der Grundlage der Erkennung entwickelt wurden und Managern eine Systemzustandsüberwachung, Fehlerdiagnose und vorausschauende Bewertungsinformationen liefern. Die Fehlerdiagnose in der vorausschauenden Instandhaltung ist die Beurteilung von Fehlern des überwachten und analysierten Objekts. Die Bedeutung einer Fehlerdiagnose unterscheidet sich aufgrund der verschiedenen Anwendungsbereiche und Anwendungsszenarien in Abhängigkeit von der Beurteilung und der Festlegung eines Fehlers.

7.3.1 Festlegung von Fehlern

Diese Norm wird für Industrieautomationseinrichtungen und -systeme entwickelt. Fehler sind als verschiedene Ausfallarten und Fehlerorte von Industrieautomationseinrichtungen und -systemen festgelegt.

7.3.2 Festlegung der Diagnose

Die Diagnose ist der Prozess der Beurteilung von Fehlerarten, Fehlerorten und anderer Beurteilungsinformationen in Verbindung mit einer Ausrüstung mithilfe der Online-Überwachung und Analyse für die überwachte Ausrüstung.

7.3.3 Verfahren für die Fehlerdiagnose

Die für die Fehlerdiagnose verwendeten Verfahren sind vollständig und einschließlich der mechanismusbasierten Verfahren, der datengesteuerten Verfahren und der Hybridverfahren mit der vorausschauenden Instandhaltung konsistent.

Die Fehlerdiagnose auf der Grundlage des Mechanismusmodells basiert auf dem mechanischen und Kreisprinzip des Geräts selbst und verwendet das Simulationsmodell, um die Situation im normalen Betriebszustand des überwachten Geräts zu simulieren, der dem Eingangsergebnis des Modells entspricht, wenn der Ausgang des Modells und das Gerät sich im Normalzustand befinden. Im Fall eines Fehlers ändert sich der Eingang des Modells entsprechend mit demselben Eingang. Der von dem Ausgang nach dem Vergleich der Veränderung mit dem Ausgang des Modells auf der Grundlage des Normalzustands produzierte Restwert wird verwendet, um die verschiedenen Fehlerarten und Fehlergrade zu bestimmen.

Das datengesteuerte Modellierungsverfahren muss die innere Struktur des Geräts nicht eindeutig verstehen. Es muss lediglich den Eingang und Ausgang des Systems in der realen Umgebung als Grundlage für die Modellierung nutzen und verwendet Statistiken, Maschinenlernen, Modellerkennung und andere Verfahrensmodelle zur Darstellung der linearen und nichtlinearen Beziehungen zwischen dem Eingang und dem Ausgang. Eine lineare oder nichtlineare Darstellung des Eingangs und Ausgangs anhand von Einlernen auf der Grundlage ausreichender Einlernenden ergibt das Ausgangsmodell. Im Fall eines Fehlers ändert sich der Ausgang des Systems. Anschließend können eine Restwertanalyse oder ein Klassierer wie eine Unterstützungsvektormaschine oder eine Modellerkennung wie ein Gauß'sches Mischungsmodell verwendet werden, um den normalen und anormalen Zustand des Geräts zu identifizieren.

Der hybridmodellbasierte Ansatz kombiniert die beiden vorgenannten Verfahren zu einer Fehlerdiagnose.

7.3.4 Fehlerdiagnosealgorithmus

Die Fehlerdiagnose besteht in der Unterscheidung verschiedener Fehlerarten. Das Klassifizierungsverfahren ist das üblicherweise verwendete Verfahren. Zu den üblichen Algorithmen zählen: Unterstützungsvektormaschine, neurales Netz, Gauß'sches Mischungsmodell, Naive Bayes, Klassifizierungsbaum, Random Forest, logische Regression, Adaboost usw.

7.3.5 Auswahl des Verfahrens

Die Auswahl der geeigneten Diagnose ist abhängig von:

- der Anwendung oder dem Gerät;
- dem Endanwender der Diagnose;
- der Überwachungstechnologie;
- der Komplexität der Modellierungsinformationen;
- den Bedürfnissen des Interpretationsmodells;
- den Bedürfnissen eines Wiederholungs-Einlernmodells;
- der Verfügbarkeit bestehender Daten in Bezug auf bekannte Fehler und den Normalbetrieb;
- der Sammlung historischer Daten.

7.4 Konfidenz

Die geschätzte Genauigkeit der Diagnoseergebnisse wird in 1 bis 5 Niveaus unterteilt. Diese Niveaubeurteilung wird verwendet, um Folgendes in Verbindung mit der Ausfallart zu identifizieren:

- Symptome sind erkennbar, aber nicht wiederholbar;
- unbekannte Symptome;
- Symptome, die von anderen Symptomen der Ausfallart nicht unterschieden werden können.

Die Bewertungsniveaus sind:

Niveau 1 bedeutet: „Es besteht eine SEHR GERINGE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass die Diagnose dieser Ausfallart korrekt ist.“

Niveau 2 bedeutet: „Es besteht eine GERINGE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass die Diagnose dieser Ausfallart korrekt ist.“

Niveau 3 bedeutet: „Es besteht eine MODERATE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass die Diagnose dieser Ausfallart korrekt ist.“

Niveau 4 bedeutet: „Es besteht eine HOHE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass die Diagnose dieser Ausfallart korrekt ist.“

Niveau 5 bedeutet: „Es ist SICHER, dass die Diagnose dieser Ausfallart korrekt ist.“

7.5 Unterstützung

Der Ausgang dieser Fehlerdiagnose kann verwendet werden, um:

- frühzeitig vor dem Auftreten des Fehlers zu warnen;
- den Zeitaufwand ungeplanter Instandhaltung zu minimieren, Instandhaltungsintervalle zu verlängern und die Leistung durch rechtzeitige Instandsetzungen aufrechtzuerhalten;
- die Qualitätsbeurteilung zu verbessern und Gestaltungs- und logistische Unterstützung für installierte und zukünftige Systeme zu liefern.

8 Vorhersage der Restlebensdauer

8.1 Vorausschauender Eingang

Die Vorhersage der Restlebensdauer basiert auf Überwachungs- und Bewertungsdaten für die Vorhersage der Fehler und Restlebensdauer der Ausrüstung oder des Systems. Die verbundenen Anforderungen an den Eingang der Vorhersage der Restlebensdauer sind:

- Alle Eingangs- und Ausgangsdatentypen, Bereiche und Alarminformationen der Ausrüstung sollten so klar und vollständig wie möglich sein.
- Für Geräte, die die Vorhersage der Restlebensdauer implementieren, müssen historische Lebensdauerdaten für das Gerät erhalten werden.
- Ein effizienter Datenerfassungskanal und Speicherkapazitäten müssen eingerichtet werden, um sicherzustellen, dass normale und anormale Daten effizient erfasst und gespeichert werden können.
- Die Lebensdauer muss soweit wie möglich an dem Gerät durchgeführt werden und die datengesteuerte Vorhersage ist das aktuelle Hauptvorhersageverfahren.
- Die Vorhersage der Restlebensdauer der Ausrüstung hängt hauptsächlich von der kombinierten Untersuchung von historischen und Verschleißdaten der Ausrüstung ab und kann darüber hinaus das Deep Learning moderner Technologien nutzen, um Deep Learning und Big Data für eine effektive Vorhersage der Restlebensdauer zu integrieren.
- Es sollte berücksichtigt werden, dass die Ausrüstung einen großen Bereich, eine große Vielfalt und verschiedene Grade der Erfassung, Kommunikation und Analyse abdeckt. Für Ausrüstung mit bedingter Lebensdauervorhersage muss die Lebensdauervorhersage soweit wie möglich implementiert werden.
- Der für jeden Vorhersageschritt oder Abschnitt erforderliche Datentyp muss eindeutig festgelegt werden.
- Die gesamten Funktionen des diagnostizierten Geräts einschließlich der normalen Funktionen, der Ausnahmeprozessfunktionen und der Sicherheitsfunktionen müssen bestimmt werden.
- Die Verschleißfähigkeit des diagnostizierten Geräts muss eindeutig festgelegt werden, um den Verschleißstatus und die ausgeführten Funktionen im Fall des Verschleißes zu bestimmen.
- Die Redundanzfähigkeit des diagnostizierten Geräts muss geklärt werden und es ist möglich, zu unterscheiden, ob die Redundanzfunktion unter normalen Betriebsbedingungen aktiviert wurde.

8.2 Vorausschauender Ausgang

Der Ausgang ist eine dynamische Vorhersage des Zustands und der Lebensdauer des diagnostizierten Geräts in Abhängigkeit von dem Eingang und dem zur Entwicklung des Modells verwendeten Verfahren. Der Ausgang entscheidet darüber, ob Instandsetzungen ausgeführt werden müssen oder nicht. Der Prozess der Vorhersage der Restlebensdauer ist in Bild 10 dargestellt.

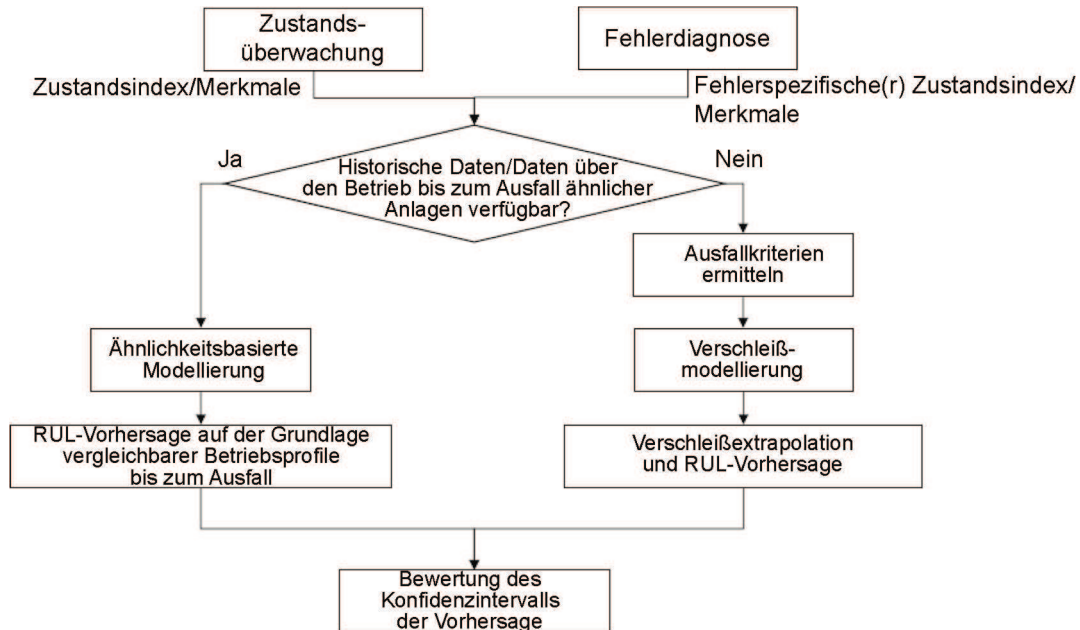


Bild 10 – Prozess der Vorhersage der Restlebensdauer

8.3 Vorhersageverfahren

Das Vorhersageverfahren ist der Prozess der Vorhersage der Verschleißentwicklung des Geräts auf der Grundlage der Überwachung des Verschleißtrends des Geräts. Das Vorhersageverfahren basiert auf der Online-Überwachung und Fehlerdiagnose des Geräts. Anhang C zeigt die Anwendungsszenarien der Vorhersage der Restlebensdauer für verschiedene Arten von Ausrüstungen und Systemen.

8.3.1 Vorhersage der Restlebensdauer

Die Vorhersage der Restlebensdauer (RUL) ist das am häufigsten für Ausrüstung verwendete Vorhersageverfahren. Aufgrund der Unterschiede der Ausrüstung und der Anwendungsszenarien hängt die Bestimmung der Restlebensdauer von dem jeweiligen Unternehmen ab. Die Festlegung der Restlebensdauer der Ausrüstung und die Nachverfolgung des Verschleißtrends müssen geklärt werden. Die Restlebensdauer eines Geräts ist üblicherweise festgelegt als die verbleibende Nutzungsdauer ab diesem Zeitpunkt bis zur Unfähigkeit, die Funktionsanforderungen zu erfüllen. Dieser Zeitraum ist manchmal auch als ein Betriebszyklus festgelegt. Der Verschleißtrend kann die Leistungsver schlechterung des gesamten Geräts oder die Verschlechterung einer bestimmten Fehlerart des Geräts sein und am Ende kann das Gerät als Ganzes die Funktionsanforderungen nicht mehr erfüllen.

8.3.2 Vorhersage der Restlebensdauer

Der mechanismusbasierte Ansatz kann zunächst die Merkmale der Komponente analysieren, ein entsprechendes mathematisches Modell erstellen und anschließend den Verschleißtrend und die Restlebensdauer der Komponente schätzen. In dem Analyseprozess basiert die Ableitung auf dem mathematischen Modell durch Erstellung eines genauen mathematischen Modells, der anschließenden Beschreibung des Modells mit einem Algorithmus und der Abbildung des Algorithmus in einer Computersprache. Anschließend führt der Computer den vorgegebenen Rechenweg aus, um die Lebensdauer vorherzusagen. Die modellbasierte Analyse- und Vorhersagetechnologie bietet die Möglichkeit, in die Natur des Ausrüstungssystems einzudringen und eine vorausschauende Analyse in Echtzeit zu erstellen.

Die Fehlermerkmale des Zielsystems sind üblicherweise eng mit den Modellparametern verbunden. Mit schrittweise zunehmendem Verständnis der Fehlerentwicklungsauslöser von Produktionsausrüstung kann das Modell schrittweise geändert werden, um die Genauigkeit der Vorhersage zu verbessern. Um die Vorhersagegenauigkeit des Systems sicherzustellen, muss der Ausfallmechanismus des Systems untersucht und die Parameter, die die Merkmale des Systemfehlers besser wiedergeben können, müssen als Modellparameter ausgewählt werden. Anschließend muss das Vorhersagemodell zeitnah korrigiert und angepasst werden. Das Modell der Ausfallphysik ist ein üblicher modellbasierter Ansatz.

Das datengesteuerte Vorhersageverfahren erfordert kein tiefgreifendes Verständnis des internen Betriebs- und Ausfallmechanismus des Ausrüstungssystems. Es muss nur die in den Prüf- und Überwachungsdaten jeder Phase der Gestaltung, der Simulation, des Betriebs und der Instandhaltung der Ausrüstung oder des Systems implizierten Systemzustandsinformationen effektiv nutzen, um die Leistungsveränderung der Ausrüstung im Verlauf der Zeit wiederzugeben und den Zweck der Vorhersage der Restlebensdauer der Ausrüstung und der Lieferung von Entscheidungsinformationen zu erfüllen. Aus diesem Grund haben datengesteuerte Vorhersageverfahren die breite Aufmerksamkeit von Wissenschaftlern geweckt. Übliche datengesteuerte Verfahren können in zwei Kategorien unterteilt werden: (1) Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer auf der Grundlage künstlicher Intelligenz und (2) Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer auf der Grundlage von Wahrscheinlichkeitsstatistiken. Die Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer von Ausrüstung auf der Grundlage künstlicher Intelligenz umfassen hauptsächlich: Bayes-Modell, Unterstützungsvektormaschine, künstliches neurales Netz und Gray Prediction Model. Wahrscheinlichkeitsstatistiken bieten den Vorteil, dass die Vorhersageergebnisse die Zufälligkeit und Unsicherheit der Restlebensdauer der Ausrüstung wiedergeben können und so die Zustandsmanagementstrategie und den optimalen Zeitpunkt für die Instandhaltung der Ausrüstung effektiv unterstützen. Das Verfahren der Vorhersage der Restlebensdauer der Ausrüstung auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeitsstatistik kann in statistische Verfahren und zufällige Prozesse unterteilt werden.

Je nach Merkmalen des Gegenstands der Vorhersage ist die Auswahl des anzuwendenden Vorhersageverfahrens eine effektive Möglichkeit, die Genauigkeit der Vorhersage sicherzustellen. Jedes Vorhersageverfahren bietet jedoch gleichermaßen Vorteile und Nachteile. Um dieses Problem zu vermeiden, können daher zwei oder mehr Vorhersageverfahren entsprechend den Merkmalen und dem Anwendungsbereich eines einzelnen Vorhersageverfahrens kombiniert werden, um ein Vorhersageverfahren auf der Grundlage eines Hybridmodells zu erstellen und so die Restlebensdauer des Zielgeräts genauer vorherzusagen. Der Hybridmodellansatz umfasst im Wesentlichen zwei Verfahren, d. h. eine Mischung aus einem mechanismusbasierten Modellverfahren und einem datengesteuerten Verfahren oder eine Mischung aus verschiedenen datengesteuerten Verfahren.

Bild 11 zeigt die Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer.

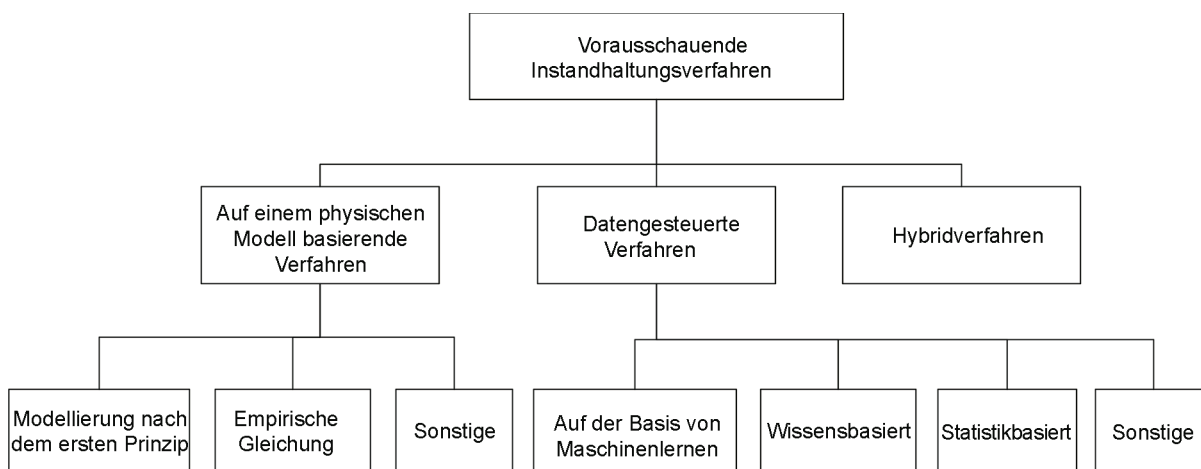


Bild 11 – Verfahren zur Vorhersage der Restlebensdauer

8.3.3 Vorhersage-Algorithmus

Der Vorhersage-Algorithmus kann auf einem oder mehreren der folgenden Ansätze basieren:

- Auf einem physischen Modell basierende Ansätze wie etwa S-N-Kurve, Paris-Erdogan-Modell usw.
- Datengesteuerte Verfahren wie etwa autoregressive Modelle, Zufallskoeffizientenmodelle, Wiener-Prozessmodelle, Gamma-Prozessmodelle, inverse Gauß'sche-Prozessmodelle, Markov-Modelle, proportionale Gefährdungsmodelle, künstliche neurale Netze, neurale Fuzzy-Systeme, Unterstützungsvektorregression, Relevanzvektormaschine, Gauß'sche Prozessregression usw.
- Hybridansätze.

8.3.4 Unsicherheitsanalyse

Unter den Vorhersageverfahren findet sich ein weiterer wichtiger Indikator für die Bewertung der Unsicherheit des Vorhersageverfahrens, der üblicherweise durch das Unsicherheitsintervall des Vorhersageergebnisses gekennzeichnet ist. Die Unsicherheit der Vorhersage repräsentiert ein Konfidenzintervall für die Vorhersage der Nutzungslebensdauer.

Dieser Faktor ist im Wesentlichen ein kumulativer Einfluss der Fehlerquelle auf die endgültige Sicherheit der Konfidenz der Genauigkeit der Diagnoseergebnisse. Er kann durch ein arithmetisches oder gewichtetes Bewertungssystem bestimmt werden.

8.4 Konfidenz

Die Konfidenz sollte auf der Grundlage der folgenden Elemente bestimmt werden:

- Instandhaltungshistorie, einschließlich Erfahrungen aus vergleichbaren Fehlern an vergleichbaren Maschinen;
- Beurteilung der Gestaltung und Ausfallart;
- Verwendete Analysetechniken oder Deskriptoren;
- Verwendete Schweregradgrenzen;
- Messintervall;
- Datenbankkonstruktion;
- Datenerfassung;
- Schweregradbewertungsprozess;
- Trendbeurteilung;
- Diagnoseprozess.

Es sollte beachtet werden, dass die Zuordnungsgewichtung jedes Konfidenz faktorkriteriums zwischen Diagnose und Vorhersage unterschiedlich ist, da jedes Kriterium eine andere Auswirkung auf das Ergebnis jedes Prozesses hat.

8.5 Unterstützung

Die Vorhersage der Restlebensdauer der Ausrüstung ist eine wichtige Grundlage für die Formulierung einer Strategie sowie ihrer Instandhaltung, des Austauschs und von Ersatzteilen.

Das Ergebnis der Vorhersage der Restlebensdauer des Geräts kann verwendet werden, um:

- frühzeitig vor dem Auftreten von Komponentenausfällen zu warnen;
- Wartungspläne auf der Grundlage von Komponentenausfällen zu entwickeln, um die Anzahl ungeplanter Instandhaltungen zu minimieren;
- Inspektionskosten, Ausfallzeiten und Vorräte zu reduzieren und so die Lebenszykluskosten der Ausrüstung zu senken.

9 Instandhaltungsmanagement

9.1 Übersicht

Der Instandhaltungsprozess bietet eine Reihe von Verfahren, um die Leistung von Industrieautomationseinrichtungen und -systemen sicherzustellen und Leistungsbeeinträchtigungen oder die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls zu reduzieren. Es gibt kein optimales Instandhaltungsverfahren für alle Industrieautomationseinrichtungen und -systeme. Die Instandhaltung bei Ausfall ist die beste Wahl für Ausrüstung mit geringem Risiko, aber nicht für Prozesssicherheits- oder Sicherheitsszenarien in Außenbereichen geeignet. Das beste Instandhaltungsverfahren besteht darin, diese Verfahren angemessen zu kombinieren. Die Beurteilung des Ausfallrisikos von Industrieautomationseinrichtungen und -systemen kann helfen, eine effektive Kombination von Instandhaltungsverfahren zu bestimmen.

9.2 Art und Beziehung von Instandhaltungsprozessen

Der Instandhaltungsprozess für Industrieautomationseinrichtungen und -systeme kann durch verschiedene Instandhaltungsverfahren organisiert werden. Bild 1 zeigt die Organisation üblicher Instandhaltungsverfahren. Es gibt viele Arten von Instandhaltungsverfahren und die folgenden Formen sind allgemein üblich:

- Betrieb bis zum Ausfall.
- Vorbeugende Instandhaltung.
- Vorausschauende Instandhaltung.
- Automatische Verarbeitung.

Die Auswahl des Instandhaltungsarbeitsablaufs ist in zwei Stufen unterteilt:

- Das gemeinsame Verfahren ist für alle Geräte geeignet. Beispiel: Erfassung historischer Instandhaltungsinformationen.
- Es ist für spezifische Verfahren anwendbar und betrifft nur verbundene Geräte. Beispiel: Inspektion und Prüfung wichtiger Ausrüstung.

Siehe Abschnitt 7.2 von IEC 63082-1 für weitere Einzelheiten.

9.3 Status und Umwandlung

Der Status und die Umwandlung des Instandhaltungsprozesses für Industrieautomationseinrichtungen und -systeme sind in Bild 12 dargestellt.