

DIN ISO 17359

ICS 25.020

Entwurf

Einsprüche bis 2017-07-19
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 17359:2011-09

**Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Allgemeine Anleitungen (ISO/DIS 17359:2017);
Text Deutsch und Englisch**

Condition monitoring and diagnostics of machines –
General guidelines (ISO/DIS 17359:2017);
Text in German and English

Surveillance et diagnostic d'état des machines –
Lignes directrices générales (ISO/DIS 17359:2017);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-05-19 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 nals@din.de 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 den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 74 Seiten

DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS)
DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	8
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich.....	10
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Überblick über Verfahren zur Zustandsüberwachung.....	10
5 Kosten-Nutzen-Analyse	12
6 Anlagenaudit	12
6.1 Identifikation von Einrichtungen	12
6.2 Beschreibung der Funktion der Anlage.....	13
7 Zuverlässigkeits- und Gefährdungsaudit.....	13
7.1 Zuverlässigkeitsblockdiagramm	13
7.2 Gefährdungspotential	13
7.3 Fehlermöglichkeits-, Einfluss- und Gefährdungsanalyse	14
7.4 Alternative Instandhaltungsstrategien	14
8 Überwachungsmethoden.....	14
8.1 Messtechnik.....	14
8.2 Genauigkeit der überwachten Parameter	15
8.3 Ausführbarkeit der Überwachung	15
8.4 Betriebsbedingungen während der Messung	15
8.5 Messintervall.....	15
8.6 Datenerfassungsrate	16
8.7 Registrierung der überwachten Parameter	16
8.8 Messpunkte.....	16
8.9 Vorläufige Warn- und Alarmkriterien.....	17
8.10 Bezugswerte	17
9 Datenerfassung und Analyse	17
9.1 Messung und Trendanalyse	17
9.2 Qualität der Messung	18
9.3 Vergleich der Messergebnisse mit den Warn- und Alarmkriterien.....	18
9.4 Diagnostik und Prognostik	18
9.5 Verbesserung der Zuverlässigkeit von Diagnosen und/oder Prognosen.....	19
10 Festlegung der Instandhaltungsaktivität.....	19
11 Rückblick und Bewertung	20
12 Training.....	20

Anhang A (informativ) Beispiele für Parameter zur Zustandsüberwachung	21
Anhang B (informativ) Zuordnung von Schäden zu gemessenen Parametern oder zu Messtechniken.....	22
Anhang C (informativ) Typische Informationen, die bei der Zustandsüberwachung an Maschinen nach Anhang A zu dokumentieren sind.....	30
Anhang D (informativ) Normen zur Zustandsüberwachung.....	33
Literaturhinweise.....	35

Nationales Vorwort

Der internationale Norm-Entwurf ISO/DIS 17359:2017 „Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines“ ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“, Unterkomitee SC 5 „Condition monitoring and diagnostics of machine systems“, dessen Sekretariat von SA (Australien) geführt wird, erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgt durch den Ausschuss NA 001-03-05 AA (NALS/VDI C 5) „Schwingungs- und Zustandsüberwachung von Maschinen und -anlagen“ des DIN/VDI-Normenausschusses Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1217	siehe	DIN 1945-1
ISO 5801	siehe	DIN EN ISO 5801
ISO 7919 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 7919 (alle Teile)
ISO 8528-9	siehe	DIN ISO 8528-9
ISO 9906	siehe	DIN EN ISO 9906
ISO 10816 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 10816 (alle Teile)
ISO 13350	siehe	DIN EN ISO 13350
ISO 13372	siehe	DIN ISO 17359 Beiblatt 1
ISO 13373 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 13373 (alle Teile)
ISO 18436 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 18436 (alle Teile)
ISO 19499	siehe	DIN ISO 19499
ISO 20816 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 20816 (alle Teile)
ISO 55000	siehe	DIN ISO 55000
ISO 55001	siehe	DIN ISO 55001

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt. Normen mit der Nummer IEC xxx sind als DIN EN xxx veröffentlicht.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 17359:2011-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Leistungstransformatoren als weitere betrachtete Maschinenart aufgenommen;
- b) aufgelistete Normen aktualisiert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 1945-1, *Verdrängerkompressoren — Thermodynamische Abnahme- und Leistungsversuche*

DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1), *Drehende elektrische Maschinen — Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten*

DIN EN 60300-3-1, *Zuverlässigkeitsmanagement — Teil 3-1: Anwendungsleitfaden – Verfahren zur Analyse der Zuverlässigkeit – Leitfaden zur Methodik*

DIN EN 60300-3-2, *Zuverlässigkeitsmanagement — Teil 3-2: Anwendungsleitfaden – Erfassung von Zuverlässigkeitsdaten im Betrieb*

DIN EN 60300-3-3, *Zuverlässigkeitsmanagement — Teil 3-3: Anwendungsleitfaden – Lebenszykluskosten*

DIN EN 60300-3-11 (VDE 0050-5), *Zuverlässigkeitsmanagement — Teil 3-11: Anwendungsleitfaden – Auf die Funktionsfähigkeit bezogene Instandhaltung*

DIN EN 60812, *Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)*

DIN EN 61025, *Fehlzustandsbaumanalyse*

DIN EN 61078, *Techniken für die Analyse der Zuverlässigkeit — Zuverlässigkeitsblockdiagramm und Boolesche Verfahren*

DIN EN ISO 5801, *Ventilatoren — Leistungsmessung auf genormten Prüfständen*

DIN EN ISO 9906, *Kreiselpumpen — Hydraulische Abnahmeprüfungen — Klassen 1, 2 und 3*

DIN EN ISO 13350, *Ventilatoren — Leistungsmessung von Strahlventilatoren*

DIN ISO 7919-2, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 2: Stationäre Dampfturbinen und Generatoren über 50 MW mit Nenn-Betriebsdrehzahlen von 1 500 min⁻¹, 1 800 min⁻¹, 3 000 min⁻¹ und 3 600 min⁻¹*

DIN ISO 7919-3, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 3: Gekuppelte industrielle Maschinen*

DIN ISO 7919-4, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 4: Gasturbinensätze mit Gleitlagern*

DIN ISO 7919-5, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen — Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpenanlagen*

DIN ISO 8528-9, *Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren — Teil 9: Messung und Bewertung der mechanischen Schwingungen*

DIN ISO 10816-2, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 2: Stationäre Dampfturbinen und Generatoren über 50 MW mit Nenn-Betriebsdrehzahlen von 1 500 min⁻¹, 1 800 min⁻¹, 3 000 min⁻¹ und 3 600 min⁻¹*

DIN ISO 10816-3, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 3: Industrielle Maschinen mit Nennleistungen über 15 kW und Nenndrehzahlen zwischen 120 min⁻¹ und 15 000 min⁻¹ bei Messungen am Aufstellungsort*

DIN ISO 10816-4, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 4: Gasturbinensätze mit Gleitlagern*

DIN ISO 10816-6, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 6: Hubkolbenmaschinen mit einer Leistung über 100 kW*

DIN ISO 10816-7, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 7: Kreispumpen für den industriellen Einsatz (einschließlich Messung der Wellenschwingungen)*

DIN ISO 10816-8, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 8: Hubkolbenkompressoren*

DIN ISO 10816-21, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 21: Windenergieanlagen mit horizontaler Drehachse und Getriebe*

DIN ISO 13373-1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

DIN ISO 13373-2, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 2: Verarbeitung, Analyse und Darstellung von Schwingungsmesswerten*

DIN ISO 13373-3, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose*

DIN ISO 13373-9, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 9: Diagnoseverfahren für Elektromotoren *)*

DIN ISO 17359 Beiblatt 1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Allgemeine Anleitungen — Beiblatt 1: Erläuterungen zu Fachbegriffen*

DIN ISO 18436-1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Anforderungen an die Qualifizierung und Bewertung von Personal — Teil 1: Anforderungen an Bewertungsstellen und den Bewertungsvorgang*

DIN ISO 18436-2, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Anforderungen an die Qualifizierung und Bewertung von Personal — Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung und -diagnostik*

DIN ISO 18436-3, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Anforderungen an die Qualifizierung und Bewertung von Personal — Teil 3: Anforderungen an Schulungsstellen und den Schulungsvorgang*

DIN ISO 19499, *Mechanische Schwingungen — Auswuchttechnik — Einführung und Leitfaden für die Auswahl und Anwendung von Auswuchtnormen*

*) Z. Z. Entwurf

DIN ISO 20816-1, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen* **)

DIN ISO 20816-2, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 2: Stationäre Gasturbinen, Dampfturbinen und Generatoren über 40 MW mit Gleitlagern und Nenndrehzahlen von 1 500 min⁻¹, 1 800 min⁻¹, 3 000 min⁻¹ und 3 600 min⁻¹* ***)

DIN ISO 20816-5, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpspeichieranlagen* ****)

DIN ISO 55000, *Asset-Management — Übersicht, Grundsätze und Begriffe* *)

DIN ISO 55001, *Asset-Management — Managementsysteme — Anforderungen*

*) Z. Z. Entwurf

**) Ersatz für DIN ISO 7919-1, DIN ISO 10816-1 und DIN ISO 10816-1/A1

***) Z. Z. Entwurf, vorgesehen als Ersatz für DIN ISO 7919-2 und DIN ISO 10816-2

****) Z. Z. Entwurf, vorgesehen als Ersatz für DIN ISO 7919-5

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von Technischen Komitees der ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument zuständige Komitee ist ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, Unterkomitee SC 5, *Condition monitoring and diagnostics of machine systems*.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 17359:2011), die inhaltlich überarbeitet wurde.

Einleitung

Diese Internationale Norm enthält allgemeine Anleitungen für die Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen auf der Basis von Parametern, wie Schwingungen, Temperatur, tribologische Analyse, Durchflussrate, Verunreinigung, Leistung und Drehzahl, die typischerweise in Zusammenhang mit Funktion, Zustand und Qualitätskriterien stehen. Die Beurteilung von Maschinenfunktion und -zustand kann auf Funktionalität, Maschinenzustand oder Produktqualität abgestützt werden.

Die Zustandsüberwachung ist ein essentieller Bestandteil bei der Verwaltung von Anlagen, und diese Internationale Norm ist das übergeordnete Dokument einer Gruppe von Normen auf dem Gebiet der Zustandsüberwachung und -diagnostik.

Für die Anwendung und Implementierung der Normen der Reihe ISO 55000 zur Verwaltung von Anlagen sind zahlreiche Normen zur Zustandsüberwachung unverzichtbar. Diese Internationale Norm gibt einen Überblick über grundlegende Vorgangsweisen, die bei der Entwicklung eines Programms zur Zustandsüberwachung für Maschinen jeder Art empfohlen werden, und enthält Verweise auf andere Internationale Normen und Dokumente, die für diesen Prozess notwendig oder nützlich sind.

Ein Überblick über den aktuellen Stand der internationalen Normung auf dem Gebiet der Zustandsüberwachung wird in Anhang D gegeben.

Diese Internationale Norm gibt einen Überblick über das grundlegende Vorgehen, das bei der Entwicklung eines Programms zur Zustandsüberwachung empfohlen wird. Darüber hinaus werden weitere Details für die sich anschließenden Hauptschritte angegeben. Diese Norm führt das Konzept der Zustandsüberwachung mit dem Blick auf die Schadensursachen (root cause failure modes) ein, gibt grundlegende Hinweise zur Festlegung von Alarmkriterien, zur Ausführung von Diagnosen und Prognosen und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Diagnosen und Prognosen, die in weiteren Internationalen Normen weiterentwickelt werden.

Einzelne Techniken der Zustandsüberwachung werden nur kurz einführend vorgestellt. In weiteren Internationalen Normen, die in den Literaturhinweisen genannt sind, erfolgt eine detaillierte Darstellung.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gibt Richtlinien für allgemeine Verfahren zur Ausarbeitung von Programmen für eine Zustandsüberwachung von Maschinen einschließlich von Hinweisen auf nachfolgende Normen, die dazu erforderlich sind. Diese Internationale Norm ist bei allen Maschinen anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

ISO 13372, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary*

ISO 13379-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Data interpretation and diagnostics techniques — Part 1: General guidelines*

ISO 13381-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Prognostics — Part 1: General guidelines*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041, ISO 13372 und der folgende Begriff.

3.1

Anlage

Maschine oder Maschinengruppe einschließlich aller die Maschine oder den Prozess steuernden Komponenten

4 Überblick über Verfahren zur Zustandsüberwachung

Das allgemeine Verfahren, das zur Implementierung eines Zustandsüberwachungsprogramms angewendet werden kann, ist in den Abschnitten 5 bis 11 beschrieben und in Diagrammform in Bild 1 gezeigt. Es werden Details zu den Hauptschritten angegeben, die dabei zu befolgen sind. Die Aktivitäten der Zustandsüberwachung (condition monitoring, CM) sollten auf die Identifikation der Schadensursachen (root cause failure modes) gerichtet sein und diese vermeiden.

Einzelne Techniken der Zustandsüberwachung werden nur kurz einführend vorgestellt. In weiteren Internationalen Normen, die in Anhang D sowie in den Literaturhinweisen genannt sind, erfolgt eine detaillierte Abhandlung.

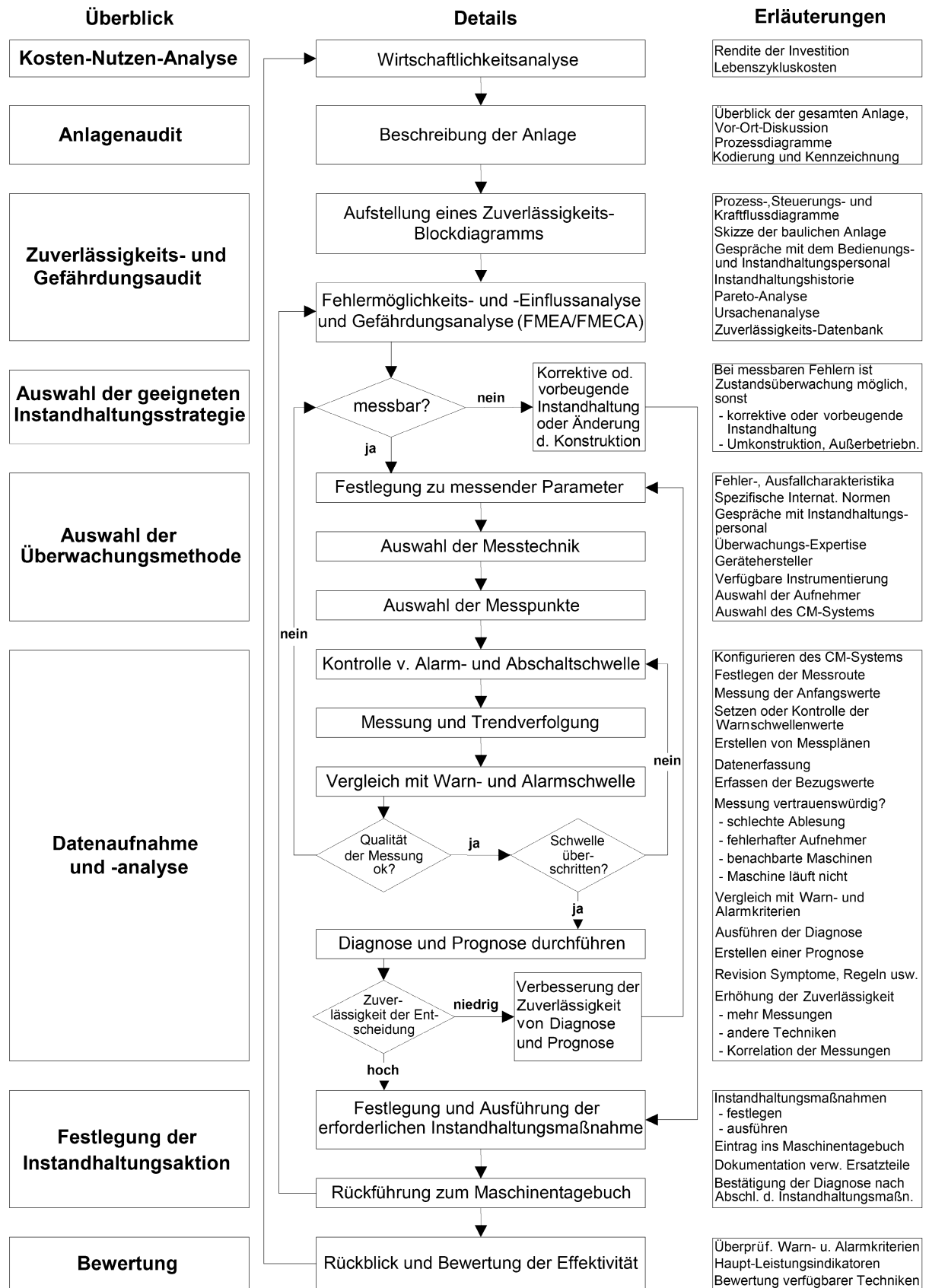


Bild 1 — Ablaufplan einer Zustandsüberwachung

5 Kosten-Nutzen-Analyse

Eine Machbarkeitsstudie sowie eine Kosten-Nutzen-Analyse ganz zu Beginn tragen dazu bei, präzise Indikatoren und Maßstäbe zur Bewertung der Effektivität eines Zustandsüberwachungsprogramms zu ermitteln. In diese Überlegung fließen unter anderem ein:

- a) Lebenszykluskosten,
- b) Kosten infolge von Produktionsverlusten,
- c) Folgeschäden,
- d) Gewährleistung und Versicherung.

6 Anlagenaudit

6.1 Identifikation von Einrichtungen

Bild 2 zeigt ein allgemeines Schema typischer Komponenten und Prozesse, die in die Überlegungen für das Management eines Zustandsüberwachungssystems einzubeziehen sind.

Sämtliche Anlagenteile einschließlich der zugehörigen Energieversorgung, Steuerungssysteme und der existierenden Überwachungssysteme sind mit eindeutiger Identifikation aufzulisten.



Bild 2 — Systemfaktoren mit Einfluss auf die Zustandsüberwachung

6.2 Beschreibung der Funktion der Anlage

Folgende Fragen sind eindeutig zu beantworten:

- a) Wozu ist die Anlage vorgesehen?
- b) Was sind die Betriebsbedingungen bzw. ist der Bereich der Betriebsbedingungen für die Maschine bzw. das System?

7 Zuverlässigkeits- und Gefährdungsaudit

7.1 Zuverlässigkeitsblockdiagramm

Es kann hilfreich sein, ein einfaches Zuverlässigkeitsblockdiagramm auf hohem Niveau zu erstellen einschließlich von möglichen Folge- oder Nebeneinflüssen auf die Zuverlässigkeit. Um das Ziel des Zustandsüberwachungsprozesses zu unterstützen, wird empfohlen, Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitskenngrößen zu verwenden.

Detaillierte Informationen zum Entwurf von Zuverlässigkeitsblockdiagrammen sind den Literaturhinweisen enthalten.

7.2 Gefährdungspotential

Es wird eine Abschätzung des Gefährdungspotentials aller Maschinen empfohlen, um eine Rangfolge hinsichtlich ihrer Einbeziehung (oder Nicht-Einbeziehung) in das Zustandsüberwachungsprogramm festzulegen. Das kann in einer einfachen Abschätzung erfolgen, die z. B. auf folgenden Faktoren beruht:

- a) Kosten für den Maschinenausfall oder für den Produktionsausfall;
- b) Ausfallrate und mittlere Reparaturdauer;
- c) Redundanz;
- d) Folgeschäden oder sekundäre Schäden;
- e) Kosten für den Ersatz der Maschine;
- f) Kosten für die Instandsetzung oder für Ersatzteile;
- g) Lebenszykluskosten;
- h) Kosten für das Überwachungssystem;
- i) Einfluss auf die Sicherheit und die Umwelt.

Einer oder mehrere der oben genannten Faktoren können gewichtet und in eine Formel zur Berechnung einer Prioritätsliste einbezogen werden.

Die Ergebnisse dieses Prozesses können bei der Auswahl der Überwachungsmethoden berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 8).

7.3 Fehlermöglichkeits-, Einfluss- und Gefährdungsanalyse

Es wird empfohlen, eine Fehlermöglichkeits- und -Einflussanalyse (FMEA) oder eine Fehlermöglichkeits-, -Einfluss- und Gefährdungsanalyse (FMECA) durchzuführen, um zu erwartende Schäden, Symptome und geeignete Messparameter zu identifizieren, die zur Anzeige der Existenz oder des Entstehens solcher Schäden geeignet sind.

Die FMEA oder FMECA-Audits liefern Informationen über den Bereich der Parameter, die für bestimmte Schadensarten zu messen sind. Als Parameter werden im Allgemeinen solche Größen angesehen, die einen fehlerhaften Zustand entweder durch Vergrößerung oder Verkleinerung eines bestimmten oder charakteristischen Messwertes oder durch irgendwelche andersartige Veränderungen charakteristischer Daten, wie Pumpen- oder Verdichter-Kennlinien, Druck-Volumen-Kennlinien von Hubkolben-Verbrennungskraftmaschinen oder anderer Kennlinien, widerspiegeln.

Beispiele für zu messende Parameter, die für eine Reihe von typischen Maschinen geeignet sein können, sind in Anhang A angegeben.

Anhang B zeigt ein Beispiel für einen Vordruck (Tabelle B.1), der für jede Maschinenart ausgefüllt werden kann, um jedem Schaden ein oder mehrere Symptome bzw. Messparameter zuzuordnen, die das Auftreten des Schadens anzeigen. Komplettierte Beispiele für die in Anhang A genannten Maschinenarten sind in den Tabellen B.2 bis B.11 enthalten.

Verfahren über detaillierte Methoden der FMEA oder FMECA sind in den Literaturhinweisen enthalten.

7.4 Alternative Instandhaltungsstrategien

Wenn der Fehlerart kein messbares Symptom zugeordnet ist, müssen möglicherweise alternative Instandhaltungsstrategien angewandt werden. Diese umfassen eine Einlaufphase (Anfangsmessung), Fahren bis zum Ausfall, korrektive Instandhaltung, vorbeugende Instandhaltung oder Modifikation (Umkonstruktion).

8 Überwachungsmethoden

8.1 Messtechnik

Für einen bestimmten, auf Grund des vorhergegangenen Auswahlprozesses als geeignet eingestuft, messbaren Parameter können eines oder mehrere Messverfahren geeignet sein. Die Parameter können durch einfache Messung von Gesamtwerten oder von zeitlich gemittelten Werten gewonnen werden. Für bestimmte Parameter, wie zum Beispiel elektrischen Strom, Spannung oder Schwingungen könnten solche einfache Messungen der Gesamtwerte nicht ausreichend für eine Fehlerindikation sein. Hier können Techniken wie spektrale oder Phasenmessungen erforderlich sein, um Änderungen zufolge von Fehlern aufzuzeigen.

In Anhang A sind Beispiele für Parameter angegeben, die zur Überwachung für verschiedene Maschinenarten geeignet sind. Beispiele für Normen, die für Parameterauswahl und Messverfahren bei verschiedenen Maschinenarten hilfreich sein können, sind in den Literaturhinweisen enthalten.

Bereich und Anwendungsfelder für Internationale Normen mit Bezug auf Zustandsüberwachung und Diagnose sind in Anhang D genannt.

Zustandsüberwachungssysteme gibt es in vielen unterschiedlichen Formen. Sie können permanent installierte, semi-permanente oder mobile Messgeräte nutzen. Sie dürfen aber auch solche Verfahren umfassen, bei denen Flüssigkeitsproben oder andere Materialien entnommen werden, entweder zur Analyse an Ort und Stelle oder für eine Fernanalyse.

8.2 Genauigkeit der überwachten Parameter

In den meisten Fällen ist die erforderliche Messgenauigkeit bei der Zustandsüberwachung und Diagnostik von Maschinen nicht so hoch wie die erforderliche Genauigkeit, wie sie bei anderen Messungen nötig sein kann, z. B. für Funktionsprüfungen. Bei Überwachungsverfahren, bei denen der Trend von Messwerten beurteilt wird, kann die Wiederholgenauigkeit der Messungen wichtiger sein als die absolute Messgenauigkeit. Zum Beispiel muss die Normierung gemessener Parameter auf Standardbedingungen für Druck und Temperatur bei Routine-Zustandsüberwachungen nicht unbedingt erforderlich sein. Wo dieses jedoch erforderlich ist, werden Hinweise in den entsprechenden Normen über Abnahmeprüfungen gegeben. Eine Auswahl internationaler Normen mit Bezug auf Funktion und Abnahmetests ist in den Literaturhinweisen enthalten.

8.3 Ausführbarkeit der Überwachung

Zunächst sollte auf die Ausführbarkeit der Messung in Betracht gezogen werden. Das umfasst einen leichten Zugang zum Messort, die Komplexität des erforderlichen Datenerfassungssystems, den Umfang der erforderlichen Datenverarbeitung, Sicherheitsanforderungen, die Kosten sowie die Frage, ob bereits Betriebsüberwachungs- oder Steuerungssysteme vorhanden sind, die interessierende Parameter schon erfassen. Beispiele für Fehler mit den Parametern, die zu ihrer Entdeckung zu messen sind, sind zusammengefasst nach Maschinenarten in Anhang B angegeben. Obwohl die Angaben selektiert nach Maschinenarten gemacht werden wird empfohlen, das gesamte Maschinensystem in diese Entscheidung sowie in den Überwachungsprozess einzubeziehen.

8.4 Betriebsbedingungen während der Messung

Die Überwachung sollte nach Möglichkeit dann erfolgen, wenn die Maschine die festgelegten Betriebszustände (z. B. die übliche Betriebstemperatur) erreicht hat. Bei transienten Betriebszuständen sind Start- und Endbedingungen und ein Betriebsprofil (z. B. lastfreier Auslauf) festzulegen. Diese können auch als Bedingungen dienen, für eine spezielle Maschinenkonfiguration Bezugswerte (baselines) festzulegen. Nachfolgende Messungen werden mit diesen Bezugswerten verglichen, um Änderungen festzustellen. Eine Trendverfolgung der Messergebnisse ist zur Aufdeckung von Schadensentwicklungen nutzbar.

Die Messungen verschiedener Parameter sollten wenn möglich immer zeitgleich erfolgen oder bei identischen Betriebsbedingungen. Für Maschinen mit variablen Betriebsarten oder Drehzahlen kann es möglich sein, ähnliche Bedingungen für die Messung durch Variieren von Drehzahl, Last oder anderen Betriebsparametern zu erreichen.

Ebenso ist es wichtig, imstande zu sein festzustellen, ob eine Änderung eines oder mehrerer Parameter auf einen Fehler zurückzuführen oder eine Folgeerscheinung wechselnder Betriebsart oder wechselnder Betriebsbedingungen ist.

8.5 Messintervall

Sorgfältige Überlegungen sollten auch hinsichtlich des Intervalls zwischen den Messungen sowie bezüglich der Entscheidung, ob eine kontinuierliche oder periodische Datenerfassung erfolgen soll, angestellt werden. Das Messintervall wird in erster Linie von Schadensart und Schadensfortschritt (und damit der Änderungsrate der entsprechenden Parameter) abhängen. Die zwischen Fehlerentdeckung und Ausfall verstrichene Zeit wird als Vorlaufzeit (lead time to failure, LTTF) bezeichnet. Sie beeinflusst insbesondere das Messintervall (Häufigkeit von Messungen) und die Art von notwendigen Überwachungssystemen, um ein bestimmtes Fehlersyndrom zu entdecken.

Außerdem wird das Messintervall auch durch solche Faktoren wie Betriebsbedingungen (z. B. Betriebszyklus), Kosten und Gefährdungspotential beeinflusst. Es ist zweckmäßig, diese Parameter in die anfängliche Kosten-Nutzen-Analyse oder Gefährdungsanalyse einzubeziehen.

8.6 Datenerfassungsrate

Für die Sicherstellung stationärer Bedingungen sollte die Datenaufnahmerate hoch genug sein, um einen kompletten Satz von Messdaten zu erfassen, bevor sich die Bedingungen ändern. Bei transienten Vorgängen kann eine hohe Datenerfassungsrate erforderlich sein.

8.7 Registrierung der überwachten Parameter

Die Registrierung der überwachten Parameter sollte mindestens die folgenden Informationen umfassen:

- a) wesentliche Informationen, die die Maschine beschreiben;
- b) wesentliche Informationen, die die Betriebsbedingungen beschreiben;
- c) die Messposition;
- d) Messgröße, Einheiten und Weiterverarbeitung;
- e) Datum und Uhrzeit der Messung.

Weitere Informationen, die zu Vergleichen nützlich sind, umfassen Details über die eingesetzten Messsysteme sowie über die Genauigkeit eines jeden dieser Messsysteme. Es wird empfohlen, auch Einzelheiten der Maschinenkonfiguration aufzunehmen und jeden Wechsel von Komponenten zu dokumentieren. Anhang C enthält typische Informationen, die bei einer Überwachung registriert werden sollten, Tabelle C.1 zeigt ein Beispiel für ein typisches Formblatt zur Aufzeichnung von Anlagen- und Messdaten.

8.8 Messpunkte

Die Messpunkte sollten so gewählt werden, dass die bestmögliche Schadenserkennung sichergestellt wird. Die Messpunkte sollten eindeutig identifiziert werden. Der Gebrauch fester Schilder oder permanenter Kennmarkierungen wird empfohlen.

Zu berücksichtigende Faktoren sind:

- a) Sicherheit;
- b) Auswahl der Aufnehmer;
- c) Signalaufbereitung;
- d) hohe Empfindlichkeit gegenüber Fehleränderungen;
- e) geringe Sensibilität gegenüber anderen Einflussgrößen;
- f) Wiederholbarkeit der Messungen;
- g) Abschwächung oder Signalverlust;
- h) Zugänglichkeit;
- i) Umgebungsbedingungen;
- j) Kosten.

Angaben zu den Messpunkten sind in den Verfahrens- und Anwendungsnormen in Anhang D sowie in einigen der in den Literaturhinweisen genannten Normen enthalten.

- 1) Für die Schwingungs-Zustandsüberwachung sind Hinweise zur Wahl der Messpunkte in ISO 13373-1 (aufgeführt in Tabelle D.1) sowie in ISO 10816 (alle Teile), ISO 7919 (alle Teile), ISO 20816 (alle Teile), ISO 8528-9 und ISO 14694 (aufgeführt in den Literaturhinweisen) angegeben.
- 2) Für die tribologiebasierte Zustandsüberwachung werden Informationen zur Auswahl der Messorte in ISO 14830-1 (aufgeführt in Tabelle D.1) enthalten sein.

8.9 Vorläufige Warn- und Alarmkriterien

Die vorläufigen Warn- und Alarmkriterien zu Beginn sollten so gewählt werden, dass sie so früh wie möglich das Auftreten eines Schadens anzeigen. Diese Kriterien können Einzelschwellen oder mehrfache Schwellen, sowohl in ansteigender wie auch in abfallender Richtung sein. Sprunghafte Zustandsänderungen innerhalb der gesetzten Grenzen, bei welchen die Schwellenwerte jedoch noch nicht überschritten werden, können ebenfalls weitere Untersuchungen erfordern. Die Warn- und Alarmkriterien können auch durch Auswertung mehrerer Messungen gewonnen oder aus der Einhüllenden dynamischer Messsignale abgeleitet werden.

Die Warn- und Alarmkriterien sollten im Lauf der Zeit in einem iterativen Prozess optimiert werden. Informationen zur Festlegung von Warn- und Alarmkriterien sind in Anhang D sowie in einigen der in den Literaturhinweisen genannten Normen enthalten.

- a) Für die Schwingungs-Zustandsüberwachung enthalten die Normen ISO 13373-1 (aufgeführt in Tabelle D.1) sowie ISO 10816 (alle Teile), ISO 7919 (alle Teile), ISO 20816 (alle Teile), ISO 8528-9 und ISO 14694 (aufgeführt in den Literaturhinweisen) Informationen zu den Warn- und Alarmkriterien.
- b) Für die tribologiebasierte Zustandsüberwachung werden Informationen zu den Warn- und Alarmkriterien in ISO 14830-1 (aufgeführt in Tabelle D.1) enthalten sein.

8.10 Bezugswerte

Bezugswerte sind Einzeldaten oder Datensätze, die bei einem als einwandfrei und stabil eingeschätzten Betriebszustand der Anlage gemessen wurden. Die Ergebnisse nachfolgender Messungen können mit diesen Bezugswerten verglichen werden, um Änderungen festzustellen. Die Bezugswerte sollten den stabilen Anfangszustand der Maschine vorzugsweise bei üblichem Betriebszustand genau definieren. Bei Maschinen mit unterschiedlichen Betriebszuständen kann es erforderlich sein, für jeden dieser Betriebszustände eigene Bezugswerte zu ermitteln.

ANMERKUNG Bezugswerte können auch mehr Parameter und Messpunkte umfassen, als sie zur routinemäßigen Zustandsüberwachung verwendet werden.

Für neue und instandgesetzte Anlagen kann eine Einlaufphase auftreten, als deren Ergebnis eine Änderung der Messwerte während der ersten Betriebstage oder -wochen beobachtet werden kann. Deshalb sollte eine Einlaufzeit bis zur Messung der Bezugswerte festgelegt werden bzw. bei überholten Maschinen bis zur Neufestsetzung der Referenzwerte.

Bei Anlagen, die vor der ersten Überwachungsmessung schon eine nennenswerte Betriebsdauer zurückgelegt haben, können ebenfalls Bezugswerte als Ausgangsbasis einer Trendbeobachtung festgelegt werden.

9 Datenerfassung und Analyse

9.1 Messung und Trendanalyse

Das grundlegende Verfahren der Datenerfassung besteht in der Ausführung einer Messung und dem Vergleich des Ergebnisses mit dem Verlauf der Ergebnisse zurückliegender Messungen, mit dem Bezugswert oder mit repräsentativen Messdaten derselben oder ähnlicher Maschinen. Das Datenerfassungs-Management einer Zustandsüberwachung erfolgt oft online, wobei die erforderlichen Messungen in einer zeitlichen Abfolgeliste festgelegt sind. Die Datenerfassung kann auch offline erfolgen, indem auf einer vorbestimmten Route oder einem Rundgang durch die Anlage Messwerte erfasst werden. Diese Routen werden dann festgelegt und mit einer zunächst regelmäßigen zeitlichen Abfolge abgearbeitet, die häufiger ist als das Auftreten der erwarteten Schadensart. Für viele Zustandsüberwachungstechniken sind computergestützte Systeme verfügbar, die beim Management der Datenerfassung, der Organisation der Datensammelrouten, bei der Registrierung der Messergebnisse und der Trendanalyse Unterstützung geben.

9.2 Qualität der Messung

Für jede Messung ist die Qualität der Messung nachzuweisen. Für schlechte Messungen gibt es viele Ursachen, unter anderem:

- a) schlechte Montage der Aufnehmer;
- b) Aufnehmerfehler;
- c) Fehler im Kabel;
- d) Übersteuerung (Sättigung) zufolge eines falschen Messbereichs;
- e) Stichprobenhäufigkeit unzureichend, um die tatsächliche Änderungsrate des Messparameters zu erfassen.

Wird eine schlechte Qualität der Messung entdeckt oder vermutet, kann es notwendig sein, die Messungen zu wiederholen oder den Fehler im Messsystem zu beheben.

9.3 Vergleich der Messergebnisse mit den Warn- und Alarmkriterien

Wenn die Messergebnisse im Vergleich mit den Warn- oder Alarmkriterien akzeptiert werden können, ist keine weitere Aktivität erforderlich. Es ist lediglich das Messergebnis zu speichern und die Zustandsüberwachung fortzusetzen. Sind die Messergebnisse aber nicht akzeptabel im Vergleich mit den Warn- und Alarmkriterien, sollte mit dem Diagnoseprozess begonnen werden. Es kann auch Fälle geben, in denen Diagnose oder Prognose bereits ausgeführt werden, obwohl keine Anomalie vermutet oder festgestellt wurde. Das kann aufgrund einer Anforderung nach einer Zustandsbeurteilung erfolgen, zum Beispiel zur Übersicht über den Zustand vor einer größeren Anlagenabschaltung. Das kann auch der Fall sein, wenn Symptome, die zwar außerhalb des Überwachungsprogramms gelegen haben können, wie Geräusche, Geruch oder visuelle Auffälligkeiten, durch Wachpersonal entdeckt werden.

9.4 Diagnostik und Prognostik

Der Diagnoseprozess wird im Allgemeinen durch die Detektion einer Anomalie gestartet. Diese Detektion erfolgt durch Vergleich der aktuellen Deskriptoren einer Maschine oder durch Vergleich mit ähnlichen Maschinen, oder aber sie erfolgt aus Erfahrung, aus den Spezifikationen des Herstellers, aus Abnahmetests oder Berechnung aus statistischen Daten.

Die Möglichkeit, eine Diagnose auszuführen, hängt von Maschinenart, Bauform und Betriebsbedingungen ab. Ein Fehler kann angezeigt werden durch Abweichung eines oder mehrerer gemessener oder abgeleiteter Parameter von den Bezugswerten. Für die in Anhang A aufgeführten Maschinenarten sind Beispiele für Fehler mit den zugeordneten Symptomen oder gemessenen Parametern für jede Maschinenart in den Tabellen von Anhang C angegeben. Sobald und wenn es die Umstände erlauben, können weitere Maschinenarten und die durch Überwachung von Parametern angezeigten Fehler in diese Internationale Norm aufgenommen werden. Bis dahin können Parameter für eine Schadensindikation aus Erfahrung oder Betriebsergebnissen gefunden werden, die Interpretation kann durch Übereinkunft zwischen Hersteller und Kunden erfolgen.

Es gibt verschiedene Verfahren, die zur Maschinendiagnostik genutzt werden können. Zwei davon sind:

- a) das Schaden-Merkmals-Verfahren;
- b) das ursachenbasierte Verfahren.

Verfahren zur Schadensdiagnose müssen in Übereinstimmung mit ISO 13379-1 stehen.

Durch die fortlaufende Zustandsüberwachung kann auch das erwartete Fortschreiten existierender oder künftiger Schäden aufgezeigt sowie die voraussichtliche Zeitspanne bis zu einem Ausfall (estimated time to failure, ETTF) vorhergesagt werden. Diese Aktivität wird als Prognose bezeichnet. Prozeduren der Schadensprognose sollten in Übereinstimmung mit ISO 13381-1 stehen.

Wenn die Zuverlässigkeit der Diagnose und/oder der Prognose gering ist, kann eine weiterführende Bestätigung der Ergebnisse erforderlich sein. Wenn die Zuverlässigkeit ausreichend ist, kann sofort mit der Instandsetzung oder einer anderen korrektiven Aktivität begonnen werden.

9.5 Verbesserung der Zuverlässigkeit von Diagnosen und/oder Prognosen

Um die Zuverlässigkeit von Diagnose und/oder Prognose zu erhöhen kann es erforderlich sein, eine oder mehrere der folgenden Aktivitäten auszuführen:

- a) Wiederholung der Messung bzw. der Messungen, um die Messergebnisse und die Alarmbedingungen zu bestätigen;
- b) Vergleich der Messungen mit früheren Trendanalysen;
- c) Verringerung der Zeitintervalle zwischen aufeinanderfolgenden Messungen;
- d) zusätzliche Messungen an denselben und/oder zusätzlichen Messpunkten;
- e) Anwendung einer verfeinerten Prognose- oder Messtechnik;
- f) Anwendung einer alternativen Messtechnik zum Vergleich (Korrelation der Ergebnisse);
- g) Veränderung der Betriebsbedingungen oder der Maschinenkonfiguration zur Unterstützung der Diagnose;
- h) Überprüfung von Symptomen und Regeln;
- i) Einholen von weiteren Expertisen hinsichtlich der speziellen Maschine bzw. der Schadensart.

10 Festlegung der Instandhaltungsaktivität

Die einfachste Aktivität, die unter bestimmten Umständen, z. B. bei Maschinen mit geringem Gefährdungspotential, erfolgen kann ist, keine sofortigen Maßnahmen zu ergreifen und die Zustandsüberwachung in regulären Intervallen weiterzuführen.

Im Allgemeinen sollte abhängig vom Zuverlässigkeitsniveau der Diagnose oder Prognose des Schadens eine Entscheidung und Durchführung einer Instandhaltungsaktivität erfolgen, z. B. eine Inspektion oder eine Instandsetzung. Wenn die Warn- oder Alarmkriterien einen schweren Schaden anzeigen, kann es notwendig sein, eine sofortige Abschaltung einzuleiten.

Typische Entscheidungen sind unter anderem:

- a) Keine Aktivität, Fortsetzung der Routineüberwachung,
- b) Reduktion des Intervalls bis zur nächsten erforderlichen Messung,
- c) Wechsel (Reduktion oder Erhöhung) von Maschinenlast, Drehzahl oder Durchsatz,
- d) Abschaltung,
- e) Inspektion der Maschine oder Vorziehen einer routinemäßig geplanten Wartung,
- f) Ausführen korrektiver Maßnahmen.

Es wird empfohlen, nach Abschluss der Instandhaltungsaktivität über ihre Ausführung eine Dokumentation anzufertigen. Sie umfasst die durchgeführten Maßnahmen und Änderungen an der Maschine, gebrauchte Ersatzteile, die eingesetzte Fachkompetenz sowie weitere, während der Instandsetzung aufgedeckte Schäden. Diese Aufzeichnungen sollten in ein Maschinentagebuch aufgenommen werden, das für eine spätere Diagnosen und Prognosen nützlich sein kann, sie sind auch für eine Bewertung des Zustandsüberwachungsverfahrens verwendbar.

Nach Abschluss der Instandhaltungsaktivität ist es auch zweckmäßig, die entsprechenden Komponenten zu inspizieren, um die Richtigkeit der ursprünglichen Diagnose oder Prognose zu bestätigen.

Wiederkehrende Ausfälle können die Systemzuverlässigkeit verringern und die Betriebskosten erhöhen. Wenn die Ursache eines Ausfalls festgestellt werden kann, kann die Instandhaltungsaktivität überprüft und optimiert werden, um das Eintreten des Schadens zu vermeiden oder die Häufigkeit zu reduzieren. Die entsprechende Instandhaltungsaktivität können verfeinerte Zustandsüberwachungstechniken, zusätzliche Instandsetzungsverfahren, Gespräche mit dem Hersteller sowie Modifikationen (design out) umfassen.

11 Rückblick und Bewertung

Die Zustandsüberwachung ist ein fortschreitender Prozess. Techniken, die gegenwärtig eventuell noch nicht verfügbar sind, zu teuer oder zu kompliziert erscheinen oder durch Hindernisse anderer Art (mangelnde Zugänglichkeit, Sicherheitsprobleme usw.) nicht anwendbar sind, können später nach einer Überprüfung realisierbar werden. Es ist deshalb empfehlenswert, dass die Prozedur der Zustandsüberwachung auch einen Rückblick einschließt, der solche nachträgliche Neubewertungen ermöglicht. In ähnlicher Weise sollte auch die Wirksamkeit der bisher in der Überwachung eingesetzten Techniken neu bewertet werden, nicht weiter erforderliche Techniken sollten entfernt werden.

Warn- und Alarmkriterien können auch einer Revision bedürfen, die durch Änderungen in der Maschine wie fortgeschrittenem Verschleiß, Alterung, Modifikationen, Änderungen von Arbeitsablauf oder Dienstzyklus erforderlich werden. Messwerte und Bezugswerte können sich zufolge durchgeführter Instandhaltungsaktivitäten einschließlich Komponentenaustausch, Ausrichtung oder geänderter Einsatzbedingungen ebenfalls ändern. In bestimmten Fällen müssen die Bezugswerte nach solchen Änderungen neu festgelegt werden. Es sollte vermerkt werden, dass Änderungen der Messwerte auch die Folge normaler oder kontrollierter Änderungen der Betriebsbedingungen sein können und nicht unbedingt einen fehlerhaften Zustand anzeigen. Regelbasierte Diagnostik bedarf gegebenenfalls einer Anpassung, um solche Fälle zu berücksichtigen.

Um ein effektives und tragfähiges Datenmanagement sicherzustellen sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- a) in angemessenen zeitlichen Abständen sollten Gutachten herausgegeben werden;
- b) sämtliche Daten sollten regelmäßig in sicherer Art in einem Backup-System abgelegt werden;
- c) Datenbanken sollten regelmäßig durchgesehen, aktualisiert und weiterentwickelt werden;
- d) Alarmschwellen sollten in regelmäßigen, spezifizierten Zeitabständen überprüft und justiert werden.

12 Training

Informationen über die Anforderungen für Qualifikation und Beurteilung von Personal zur Durchführung von Zustandsüberwachung und Diagnostik von Maschinen sind in ISO 18436 (alle Teile) enthalten, siehe die Auflistung in Anhang D.

Anhang A (informativ)

Beispiele für Parameter zur Zustandsüberwachung

Tabelle A.1 — Beispiele für Zustandsüberwachungsparameter, geordnet nach Maschinenarten

Parameter	Maschinenart									
	Elektro- motor	Dampf- turbine	Flug- turbine	Industrie- Gas- turbine	Pumpe	Kom- pressor	Gene- rator	Hub- kolben- maschine	Venti- lator	Leistungs- trans- formator
Temperatur	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Druck		•	•	•	•	•		•	•	•
Förderhöhe					•					
Kompressions- Verhältnis			•	•		•				
Druck (Vakuum)		•			•					
Luftstrom			•	•		•		•	•	
Kraftstofffluss			•	•				•		
Fluidstrom		•			•	•				
Strom	•						•			
Spannung	•						•			
Widerstand	•						•			
Phase (elektrisch)	•						•			
Eingangsleistung	•				•	•	•		•	•
Ausgangsleistung	•	•	•	•			•	•		•
Geräusch	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Schwingungen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Schallemission	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ultraschall	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Öldruck	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Ölverbrauch	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Tribolog. Ölprobe	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Thermografie	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Drehmoment	•	•		•		•	•	•		
Drehzahl	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Länge		•								
Winkellage		•	•	•		•				
Wirkungsgrad		•	•	•	•	•		•		•
• zeigt an, dass der Parameter zur Zustandsüberwachung geeignet ist.										

Anhang B
(informativ)

**Zuordnung von Schäden zu gemessenen Parametern
oder zu Messtechniken**

**Tabelle B.1 — Beispiel eines Vordrucks für die Zuordnung von Schäden zu gemessenen Parametern
oder Messtechniken**

Maschinenart:	Symptom oder Parameteränderung											
Schadensart												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
• zeigt an, dass das Symptom oder die Parameteränderung im Schadensfall auftreten kann.												

Die Tabellen B.2 bis B.11 zeigen Beispiele für die Tabelle B.1, ausgefüllt für die Maschinenarten von Anhang A zusammen mit einigen der häufigsten Schäden und verknüpft mit Parametern oder Messtechniken, die zur Überwachung und Aufdeckung dieser Schäden geeignet sind.

Tabelle B.2 — Beispiel: Fehler an Elektromotoren mit relevanten Parametern und Messtechniken

Maschinenart: Elektromotor	Symptom oder Parameteränderung												
Schadensart	Strom	Spannung	Widerstand	Teilentladung	Leistung	Drehmoment	Drehzahl	Schwingungen	Temperatur	Auslaufzeit	Axialfluss	Ölpartikel-Zählung	Kühlgas
Rotorwicklung	•				•	•	•	•	•		•		•
Statorwicklung	•							•	•		•		•
Exzentrischer Rotor	•							•			•		
Bürstenfehler	•	•			•	•			•				
Lagerschaden	•					•		•	•	•		•	
Isolation Verschlechterung	•	•	•	•									•
Phasenverlust Eingangsleistung	•	•						•			•		
Unwucht								•					
Ausrichtfehler								•					
• zeigt an, dass das Symptom oder die Parameteränderung im Schadensfall auftreten kann.													

Tabelle B.3 — Beispiel: Fehler an Dampfturbinen mit relevanten Parametern und Messtechniken

Maschinenart: Dampfturbine	Symptom oder Parameteränderung									
Schadensart	Dampfverlust	Längenmessung	Leistung	Druck oder Vakuum	Drehzahl	Schwingungen	Temperatur	Auslaufzeit	Ölpartikel-Zählung	Ölverlust
Rotorschaukel-Schaden	•		•			•	•	•	•	
Beschädigtes Labyrinth	•		•	•	•	•	•	•		
Exzentrischer Rotor	•					•		•		
Lagerschaden		•	•	•		•	•	•	•	•
Lagerverschleiß	•	•				•	•	•	•	•
Gekrümmter oder durchhängender Rotor	•					•		•	•	
Unsymmetrische Ausdehnung	•	•				•	•			
Unwucht						•				
Ausrichtfehler						•				
• zeigt an, dass das Symptom oder die Parameteränderung im Schadensfall auftreten kann.										