

DIN ISO 13379-1



ICS 17.160

**Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Verfahren zur Dateninterpretation und Diagnostik –
Teil 1: Allgemeine Anleitungen (ISO 13379-1:2012)**

Condition monitoring and diagnostics of machines –
Data interpretation and diagnostics techniques –
Part 1: General guidelines (ISO 13379-1:2012)

Surveillance et diagnostic d'état des machines –
Interprétation des données et techniques de diagnostic –
Partie 1: Lignes directrices générales (ISO 13379-1:2012)

Gesamtumfang 39 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Anforderungen an das Einrichten der Zustandsüberwachung und -diagnostik	7
4.1 Rolle der Diagnostik in Betrieb und Wartung.....	7
4.2 Feststellen des Diagnostikbedarfs.....	7
4.3 Fehlzustandsart- und -symptomanalyse	9
4.4 Bericht mit Diagnostikanforderungen	13
5 Datenelemente, die in die Diagnostik einfließen.....	13
5.1 Daten zur Zustandsüberwachung	13
5.2 Maschinendaten.....	15
5.3 Maschinentagebuch (Maschinenhistorie)	16
6 Diagnostikkonzepte	16
6.1 Zwei Konzeptarten.....	16
6.2 Allgemeine Richtlinien für die Auswahl geeigneter Diagnostikkonzepte	17
6.3 Datenbasierte Verfahren	18
6.4 Wissensbasierte Verfahren.....	23
6.5 Bestimmung des Vertrauensfaktors	28
Anhang A (informativ) Fehlzustandsart- und -symptomanalyse (FMSA).....	29
Anhang B (informativ) Wirksamkeit des Diagnostiksystems	30
Anhang C (informativ) Vergleichende Analyse der Diagnostikmodelle	31
Anhang D (informativ) Häufigste Diagnostikmodelle nach Überwachungsverfahren.....	32
Anhang E (informativ) Beispiel für ein Diagnostikprotokoll	33
Anhang F (informativ) Beispiel einer Ursachenbaum-Modellierung: Abplatzungen an einem Lager	36
Anhang G (informativ) Beispiel für die Bestimmung des Vertrauensniveaus der Diagnose	38
Literaturhinweise	39

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 13379-1:2012 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 erfolgte durch den Arbeitsausschuss NA 001-03-05 AA (NALS/VDI C 5) „Schwingungs- und Zustandsüberwachung von Maschinen“ des DIN/VDI-Normenausschusses Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

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

ISO 13372	siehe	DIN ISO 17359 Beiblatt 1
Normen der Reihe ISO 13373	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 13373
ISO 17359	siehe	DIN ISO 17359
IEC 60812	siehe	DIN EN 60812

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60812, *Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen — Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)*

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 17359, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Allgemeine Anleitungen*

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

VDI 4550 Blatt 1, *Schwingungsanalysen — Verfahren und Darstellung der Ergebnisse — Begriffe und grundlegende Verfahren*

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 ISO-Komitees 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.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet.

Die Hauptaufgabe der Technischen Komitees besteht in dem Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees angenommenen Norm-Entwürfe werden den Mitgliedsorganisationen zur Umfrage zur Verfügung gestellt. Für eine Veröffentlichung als Internationale Norm wird eine Zustimmung von mindestens 75 % der Mitgliedsländer, die abgestimmt haben, benötigt.

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.

ISO 13379-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, Unterkomitee SC 5, *Condition monitoring and diagnostics of machines*, erarbeitet.

Diese erste Ausgabe von ISO 13379-1 ersetzt ISO 13379:2003, die inhaltlich überarbeitet wurde.

ISO 13379 mit dem Titel *Condition monitoring and diagnostics of machines — Data interpretation and diagnostics techniques* besteht aus folgenden Teilen:

— *Part 1: General guidelines*

Die folgenden Teile sind geplant: ^{N1)}

— *Part 2: Data-driven applications*

— *Part 3: Knowledge-based applications*

N1) Nationale Fußnote: Das ist Stand 2012; ISO 13379-2 erschien 2015, ein Teil 3 wurde fallen gelassen.

Einleitung

Dieser Teil von ISO 13379 enthält allgemeine Verfahren für die Zustandsbestimmung einer Maschine anhand einer Reihe von Basisparametern. Durch Veränderungen gegenüber den Basiswerten und Vergleichen mit Alarmkriterien kann anormales Verhalten angezeigt und können Alarmmeldungen generiert werden: dies wird üblicherweise als Zustandsüberwachung bezeichnet. Ferner werden Verfahren für die Feststellung der Ursache(n) für anormales Verhalten beschrieben, die helfen, geeignete Abhilfemaßnahmen festzulegen: dies wird üblicherweise als Diagnostik bezeichnet.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 13379 enthält Anleitungen für die Dateninterpretation und die Diagnostik an Maschinen. Er hat den Zweck,

- den Benutzern und Herstellern von Zustandsüberwachungs- und Diagnostiksystemen zu helfen, gemeinsame Konzepte auf dem Gebiet der Maschinendiagnostik zu teilen;
- Benutzern zu helfen, die notwendigen technischen Merkmale für die weitere Zustandsdiagnose der Maschine vorzubereiten;
- einen geeigneten Ansatz für die Diagnose von Maschinenstörungen zu bieten.

Da dies allgemeine Anleitungen sind, ist keine Liste der betroffenen Maschinentypen enthalten. Die von diesem Teil von ISO 13379 betroffenen Maschinen sind jedoch normalerweise Industriemaschinen, wie Turbinen, Kompressoren, Pumpen, Generatoren, Elektromotoren, Gebläse, Getriebe und Lüfter.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 13372.

4 Anforderungen an das Einrichten der Zustandsüberwachung und -diagnostik

4.1 Rolle der Diagnostik in Betrieb und Wartung

Die Diagnostik spielt eine wesentliche Rolle bei Entscheidungen über Betriebs- und Wartungsaufgaben. Um hierbei effektiv zu sein, sollten Verfahrensabläufe zur Diagnostik solcher Fehler, die an einer Maschine auftreten können, festgelegt werden. Es wird daher dringend empfohlen, vor der Erarbeitung der Anforderungen an das Zustandsüberwachungs- und -diagnostiksystem einer Maschine eine Voruntersuchung durchzuführen.

4.2 Feststellen des Diagnostikbedarfs

Eine Kurzbeschreibung dieser Untersuchung zeigt Bild 1. Die V-Form wurde absichtlich gewählt, um die vorrangigen Anforderungen (Wartung: Maschine, Risikobewertung) und die nachrangigen Anforderungen (Messungen: Überwachung, regelmäßige Tests, Datenverarbeitung) übersichtlich darzustellen.

Der linke Zweig entspricht der Voruntersuchung, mit der für eine bestimmte Maschine die benötigten Daten für Zustandsüberwachung und -diagnostik vorbereitet werden. Der rechte Zweig des Diagramms entspricht den Zustandsüberwachungs- und -diagnostiktätigkeiten, die normalerweise nach der Inbetriebnahme der Maschine stattfinden. Jede Ebene besteht aus einer vorbereitenden Entwurfsphase (links) und einer Nutzungsphase (rechts).

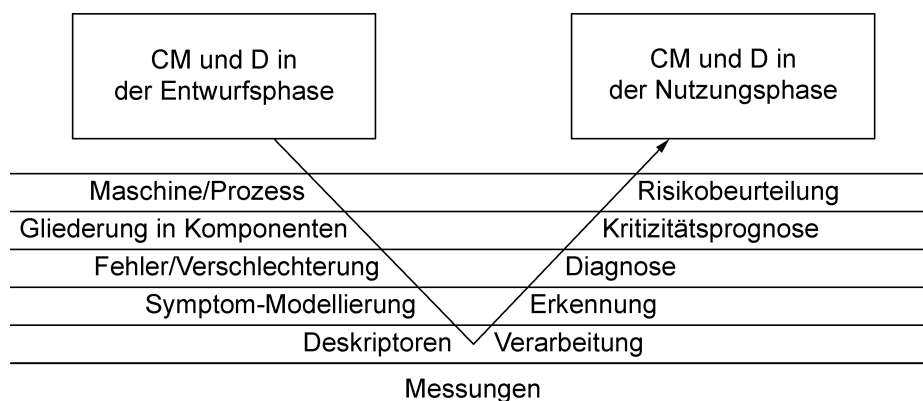


Bild 1 — Zustandsüberwachung und -diagnostik (CM und D) – Ablauf: Entwurf und Nutzung der Anwendung auf eine Maschine

Eine Diagnostikstudie besteht im Allgemeinen aus den folgenden Schritten:

- Analyse der Verfügbarkeit, Wartungsfreundlichkeit, Kritizität der Maschine in Bezug auf den Gesamtprozess;
- Auflisten der wichtigsten Komponenten und ihrer Funktionen;
- Analyse der Fehlzustandsarten und ihrer Ursachen als Bauteilefehler;
- Darstellung der Kritizität unter Berücksichtigung der Signifikanz (Sicherheit, Verfügbarkeit, Wartungskosten, Produktionsqualität) und des Auftretens;
- daraus folgende Entscheidung, welche Fehler durch die Diagnostik abgedeckt werden sollten („diagnosefähig“);
- Analyse, unter welchen Betriebsbedingungen die verschiedenen Fehler am besten beobachtet werden können und Festlegen von Referenzbedingungen;
- Angabe der Symptome, die bei der Beurteilung des Maschinenzustands helfen können, und die für die Diagnostik benutzt werden;
- Auflisten der Deskriptoren, die für die Bewertung (Erkennung) der verschiedenen Symptome verwendet werden;
- Feststellen der Messungen und Sensoren, aus denen die Deskriptoren abgeleitet oder berechnet werden.

Die Schritte a), b), c) und d) können mit Hilfe einer Wartungsoptimierung wie FMEA (Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse) oder FMECA (Fehlzustandsart-, -auswirkungs- und -kritizitätsanalyse) durchgeführt werden. Sie können aber auch innerhalb eines allgemeineren Prozesses der Wartungsoptimierung wie RCM (zuverlässigkeitsorientierte Wartung) stattfinden.

ANMERKUNG FMEA und FMECA sind in IEC 60812 beschrieben.

Die Schritte c), d), e), f), g), h) und i) können mit Hilfe der in 4.3 beschriebenen FMSA (Fehlzustandsart- und -symptomanalyse) durchgeführt werden.

4.3 Fehlzustandsart- und -symptomanalyse

4.3.1 Ablauf der Fehlzustandsart- und -symptomanalyse

Ziel dieses Prozesses ist die Auswahl von Überwachungstechnologien und -strategien, die das Vertrauensniveau auf die Diagnose und Prognose jeder Fehlzustandsart maximieren.

Diese Methodik bezweckt, bei der Auswahl von Überwachungsverfahren zu helfen, die die größtmögliche Sensibilität für Erkennung und Veränderungsrate eines bestimmten Symptoms bieten. Ist das Vertrauen auf die Sensibilität und die daraus folgende Diagnose-/Prognosegenauigkeit eines Verfahrens fraglich, so wird empfohlen, zusätzliche Verfahren zur Untermauerung einzusetzen.

Dieser Prozess ist im Wesentlichen eine Abänderung der FMECA mit Fokus auf den Symptomen, die durch jede festgestellte Fehlzustandsart hervorgerufen werden, und der anschließenden Auswahl der geeignetsten Erkennungs- und Überwachungsverfahren und -strategien.

Dieses Tool sollte in Verbindung mit einer vorhandenen FMECA-Analyse verwendet werden, mit der bereits mögliche Fehlzustandsarten festgestellt und eingestuft wurden.

4.3.2 Anleitung für die Benutzung

Dieser Prozess wird in Tabelle A.1 bestmöglich dargestellt. Die wesentlichen Punkte sind:

- Auflistung der betroffenen Komponenten;
- Auflistung der möglichen Fehlzustandsarten für jede Komponente;
- Auflistung der Auswirkungen jeder Fehlzustandsart;
- Auflistung der Ursachen jeder Fehlzustandsart;
- Auflistung der von jeder Fehlzustandsart hervorgerufenen Symptome;
- Auflistung des geeignetsten Überwachungsverfahrens;
- Auflistung der geschätzten Überwachungshäufigkeit;
- Einstufung jeder Fehlzustandsart nach Erkennung, Schwere, Vertrauensniveau von Diagnose und Prognose, aus denen sich eine Überwachungsprioritätszahl (MPN) ergibt;
- Auflistung der geeignetsten Korrelationsverfahren;
- Auflistung der Überwachungshäufigkeit für die Korrelationsverfahren.

Die größte Schwierigkeit liegt darin, die richtigen Begriffe für Fehlzustandsart, Auswirkung und Ursache zu finden. Die Fehlzustandsart ist eine Definition dessen, wie sich ein Fehlzustand darstellt, d. h. verbogen, korrodiert usw. In den FMECA-Prozessen, die vor dem FMSA-Prozess durchgeführt worden sein sollten, gibt es Überlappungen zwischen den Begriffen für Fehlzustandsarten, Auswirkungen und Ursachen. Etwas kann als eine *Ausfallursache* in einer Zeile erscheinen, wenn eine Komponente betrachtet wird, und als *Fehlzustandsart* in einem anderen Zusammenhang. Ferner kann etwas als *Auswirkung* in einer Zeile im Zusammenhang mit einer Komponente erscheinen, und als *Fehlzustandsart* im Zusammenhang mit einer Baugruppe. Dies gilt auch für den FMSA-Prozess.

Es muss darauf geachtet werden, dass keine Fehlzustandsarten und Ursachen in einer Zeile doppelt erscheinen. Für jeden beliebigen Punkt müssen Fehlzustandsart, Auswirkung und Ursache auf der Seite in einem logischen Zusammenhang dargestellt sein. Die folgende Definition kann hilfreich sein:

- eine *Fehlzustandsart* kann auf Grund einer *Ursache* eine *Auswirkung* hervorrufen.

Im Zusammenhang mit Überwachungsstrategien kann auch die folgende Definition verwendet werden:

- eine *Fehlzustandsart* ruft *Symptome* hervor, die am besten mit einem *primären Überwachungsverfahren* zu erkennen sind, das ein hohes Vertrauensniveau der Diagnose und Prognose gestattet, wenn eine bestimmte *Überwachungshäufigkeit* eingehalten wird;
- ein erhöhtes Vertrauensniveau für Diagnose und Prognose ist durch die Anwendung von „Korrelationsverfahren“ möglich, wenn eine bestimmte „Überwachungshäufigkeit“ eingehalten wird.

4.3.3 Anleitung für die Bewertung

4.3.3.1 Allgemeines

Jeder Spalte wird eine Bewertung zugeordnet, die auf einer Schätzung der Erkennungswahrscheinlichkeit, der Prognosegenauigkeit und des Schweregrads beruht. Sofern ein Benutzer in allen Analysen eine konsistente Bewertung anwendet, erhalten die höheren Risikokategorien eine höhere Überwachungsprioritätszahl (MPN).

4.3.3.2 Bewertung der Erkennung (DET)

Die Erkennungswahrscheinlichkeit wird von 1 bis 5 bewertet und bezweckt, die Gesamterkennbarkeit einer Fehlzustandsart unabhängig von der folgenden Diagnose- oder Prognosegenauigkeit anzugeben. Diese Bewertung bezweckt, Fehlzustandsarten anzuzeigen, die

- Symptome hervorrufen, die erkennbar, aber nicht wiederholbar sind;
- Symptome hervorrufen, die nicht erkennbar sind;
- Symptome hervorrufen, die in der Praxis nicht messbar sind, oder
- Symptome hervorrufen, die durch Symptome anderer Fehlzustandsarten verdeckt sein können.

Dies wird anhand einer Skala von 1 bis 5 geschätzt, wobei

- 1 bedeutet „Es besteht eine ENTFERNTE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Fehlzustandsart erkannt wird.“
- 2 bedeutet „Es besteht eine GERINGE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Fehlzustandsart erkannt wird.“
- 3 bedeutet „Es besteht eine GEWISSE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Fehlzustandsart erkannt wird.“
- 4 bedeutet „Es besteht eine HOHE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Fehlzustandsart erkannt wird.“
- 5 bedeutet „Es ist PRAKTISCH SICHER, dass diese Fehlzustandsart erkannt wird.“

4.3.3.3 Schwere des Ausfalls (SEV)

Diese Einstufung sollte frühere FMECA-Analysen widerspiegeln und bezweckt, einzelne Fehlzustandsarten nach ihrem Risiko einzuordnen.

Dies wird anhand einer Skala von 1 bis 4 geschätzt, wobei

- 1 bedeutet „Ein Ereignis, das zur Verschlechterung von Funktionen der Systemleistung führen kann, wodurch vernachlässigbare Schäden am System oder seiner Umgebung, aber keine Schäden für Leib oder Leben hervorgerufen werden.“
- 2 bedeutet „Ein Ereignis, das Funktionen der Systemleistung verschlechtert, ohne nennenswerte Schäden am System oder für Leib oder Leben zu verursachen.“
- 3 bedeutet „Ein Ereignis, das potenziell zum Ausfall primärer Systemfunktionen führen kann, wodurch signifikante Schäden an diesem System oder seiner Umgebung und vernachlässigbare Gefahren für Leib oder Leben hervorgerufen werden.“
- 4 bedeutet „Ein Ereignis, das potenziell zum Ausfall primärer Systemfunktionen führen kann, wodurch signifikante Schäden am System oder seiner Umgebung und/oder der Verlust von Leib oder Leben hervorgerufen werden.“

4.3.3.4 Vertrauensniveau der Diagnose (DGN)

Auch die voraussichtliche Genauigkeit der Diagnose wird von 1 bis 5 bewertet. Diese Bewertung bezweckt, Fehlzustandsarten anzuzeigen mit

- erkennbaren, aber nicht wiederholbaren Symptomen;
- unbekannten Symptomen oder
- Symptomen, die nicht von den Symptomen anderer Fehlzustandsarten zu unterscheiden sind.

Dies wird anhand einer Skala von 1 bis 5 geschätzt, wobei

- 1 bedeutet „Es besteht eine ENTFERNTÉ WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Diagnose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 2 bedeutet „Es besteht eine GERINGE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Diagnose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 3 bedeutet „Es besteht eine GEWISSE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Diagnose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 4 bedeutet „Es besteht eine HOHE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Diagnose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 5 bedeutet „Es ist PRAKTISCH SICHER, dass diese Diagnose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“

4.3.3.5 Vertrauensniveau der Prognose (PGN)

Auch die voraussichtliche Genauigkeit der Prognose wird von 1 bis 5 bewertet. Diese Bewertung bezweckt, Fehlzustandsarten anzuzeigen mit

- erkennbaren, aber nicht wiederholbaren Symptomen;
- Symptomen, die nicht auf Veränderungen der Verschlechterung ansprechen;
- unbekannten Ausfallraten oder
- Symptomen, die nicht von den Symptomen anderer Fehlzustandsarten zu unterscheiden sind.

Dies wird anhand einer Skala von 1 bis 5 geschätzt, wobei

- 1 bedeutet „Es besteht eine ENTFERNTE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Prognose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 2 bedeutet „Es besteht eine GERINGE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Prognose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 3 bedeutet „Es besteht eine GEWISSE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Prognose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 4 bedeutet „Es besteht eine HOHE WAHRSCHEINLICHKEIT, dass diese Prognose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“
- 5 bedeutet „Es ist PRAKTISCH SICHER, dass diese Prognose einer Fehlzustandsart zutreffend ist.“

Die Überwachungshäufigkeit beeinflusst auch die Bestimmung der Genauigkeit der erwarteten Prognosen, d. h. je höher die Überwachungshäufigkeit ist, umso höher ist das Vertrauen auf die erwartete Ausfallrate und Prognose.

4.3.3.6 Überwachungsprioritätszahl (MPN)

Die Einstufung ergibt sich aus der Multiplikation der vier vorhergehenden Einstufungen und liefert eine Gesamteinstufung für jede Fehlzustandsart.

Ein hoher MPN-Wert zeigt an, dass das benannte Verfahren für die Erkennung, Diagnose und Prognose der jeweiligen Fehlzustandsart am besten geeignet ist.

Es sollte beachtet werden, dass ein niedriger MPN-Wert nicht zwangsläufig bedeutet, dass keine Überwachung erforderlich ist, sondern nur dass mit dem benannten Überwachungsverfahren und der benannten Überwachungshäufigkeit ein niedriges Vertrauensniveau für die Erkennung, Analyse und Prognose erwartet werden kann.

Der ungünstigste Fall ist eine Fehlzustandsart mit hoher Schwere, niedriger Erkennbarkeit und niedrigem Vertrauensniveau für Diagnose und Prognose.

Der günstigste Fall ist eine Fehlzustandsart mit geringer Schwere, einfacher Erkennbarkeit, mit bekannten Fehlzustandsarten und -mustern und somit einem hohen Vertrauensniveau für Diagnose und Prognose.

Bei der Implementierung eines FMSA-Überprüfungs- und Überwachungssystems sollten daher die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Sicherheitsrisiko jeder Fehlzustandsart;
- erwartete Verschlechterungsrate für jede Fehlzustandsart;
- mittlere Zeit zwischen Ausfällen (MTBF) für jede Fehlzustandsart;
- sekundäre/nachfolgende Fehlzustandsarten;
- Wechselbeziehungen zwischen Fehlzustandsarten;
- erforderliche Vorlaufzeit für die Wartung;
- Verfügbarkeit von Ersatzteilen;
- erforderliche Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit.