


Normung zum Thema Schwingungsüberwachung

Zusatzmaterial zum Buch
*Condition Monitoring und
Instandhaltungsmanagement*



Ergänzend zu Kapitel 10 des Buches wird das einschlägige Normen- und Richtlinienwerk in einer sehr kompakten Übersicht zusammengefasst. Die Normentitel sind dabei fallweise etwas gekürzt (ohne Sinnentstellung). Volle Titel, den aktuellen Stand sowie Hinweise zu Beschaffung findet man auf der letzten Seite „Links und Normenportale“ (). Der Text kann wahlweise in vorgegebener Reihung gelesen oder als schnelles Nachschlagwerk verwendet werden. Für den zweiten Fall führt der Home-Button immer schnell auf die Übersichtsseite (gilt nur für die Navigations Präsentation). Auf der Webseite des Beuth-Verlages findet man für die einzelnen Dokumente auch Einführungsbeiträge (Scope) und Inhaltsverzeichnisse.

Im Zuge der modernen Industrialisierung kommt der Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen, bezeichnet als Condition Monitoring (CM), mehr und mehr steigende Bedeutung zu. Verstärkt tritt dieser Trend vor allem bei der Einbettung in ein umfassendes Instandhaltungsmanagements zutage, was meist auch der eigentliche Zielpunkt eines CM Systems CMS sein wird. Dieser Trend wird verstärkt durch die Initiative Industrie 4.0, vor allem im Zusammenhang damit das Internet der Dinge (IoT, IIoT), welches zunehmend auf gemeinsamen Plattformen, zum Beispiel über Clouds, abgewickelt wird (agiles Management). Solche Strategien verlangen wirksame Orientierungen nach einheitlichen Konzepten und über standardisierte Schnittstellen sowie eine einheitliche Terminologie.

Ein zielführender Weg zur Vereinheitlichung wird durch ein solches, möglichst auch übergreifendes Normenwerk angeboten.

INHALT

Dieser Beitrag gliedert sich in mehrere Hauptteile:

- [Struktur des gesamten Normenwerks](#)
- [VDI Richtlinien](#)
- [Normungsorganisationen und Fachgremien](#)
- [Ausgabeformate von Normen](#)
- [Aspekte der Normung](#)
- [Historische Entwicklung](#)
- [Links und Normenportale](#)



In diesem Bild findet man Links zu den Hauptthemen dieses Dokuments. Der erste Punkt, die Übersicht über die Struktur des gesamten Normenwerks, ist auch der zentrale Verzweigungspunkt zu den einzelnen Hauptthemen. Man erreicht ihn aus jeder Position auch mit der Home Taste.

Normungsorganisationen und Fachgremien

- National
 - DIN
 - VDI
 - ANSIS
- International
 - ISO
 - IEC



Normen werden in Fachgremien von Experten entwickelt. Die wichtigsten Gremien im gegebenen Zusammenhang sind hier zusammengefasst. Sehr oft finden die Entwicklungen auch übergreifend statt. Dabei stehen die Abkürzungen (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

- DIN Deutsches Institut für Normung
- VDI Verband Deutscher Ingenieure
- ANSIS American National Standards Institute
- ISO International Organization for Standardization
- IEC International Electrotechnical Commission

DIN Normen werden vielfach in nationale Dokumente übergeführt, was dann an identischen Dokumentnummern erkennbar ist. So ist etwa die Norm DIN ISO 17359 eine deutschsprachige Version von ISO 17359. Beide Varianten sind vom Inhalt identisch, es sind lediglich nationale Anmerkungen zulässig. Umgekehrt werden nationale Dokumente oft als Entwurf für internationale Normen eingereicht und herangezogen.

Normungsgremien mit Spiegelgremien



NA 001-03-05 AA
Schwingungsüberwachung von Maschinen und Anlagen
ISO TC 108/SC 5
Condition monitoring and diagnostics of machine systems



NA 001-03-03 AA
Messung und Beurteilung von Maschinenschwingungen
ISO/TC 108/SC 2
Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures

VDI GPP FA627
Schwingungsanalysen – Verfahren und Darstellung der Ergebnisse



Im Bild die wichtigsten Arbeitskreise betreffend Zustandsüberwachung und Beurteilung von Schwingungen im deutschen und internationalen Bereich.

NALS ist der Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik. Er ist als Organ von DIN und als Fachgesellschaft des VDI verantwortlich für die nationale Normung und Regelsetzung in den Arbeits und Wissensgebieten Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik.

NA 001-03-05 AA ist der Arbeitsausschuss für die Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen. Er ist das eigentlich für das Condition Monitoring zuständige Gremium. Er ist Spiegelgremium des internationalen Arbeitskreises **ISO TC 108/SC 05**.

NA 001-03-03 AA bearbeitet unter anderem die Normen zur breitbandigen Beurteilung von Schwingungen sowie die grundlegenden Normen über Schwingungsanalyse. Spiegelgremium bei ISO ist hier **ISO TC108/SC03**.

VDI GPP FA627 hat Schwingungsanalysen zum Thema. Blatt 1 bringt eine sorgfältige Einführung in die Praxis. In Blatt 3 dieser Richtlinie wird ein ganzheitliches Überwachungskonzept mit Methoden der künstlichen Intelligenz thematisiert.

Ausgabeformate von Normen

DIN und DIN ISO

- PWI Preliminary Working Item
- DIS Draft international Standard (Entwurf)
- FDIS Final draft International Standard (Entwurf)
- AUSGABE Offizielle Dokument

VDI Richtlinien

- Gründruck
- Weißdruck (Ausgabe)

Die Entwurfsformate FDIS und Gründruck haben bereits Gültigkeit und sind auch käuflich erhältlich.



Die Entwicklung einer Norm durchläuft mehrere offizielle Stadien wie oben angeführt. Die Entwürfe DIS, FDIS und Gründruck werden bereits veröffentlicht und können käuflich erworben werden. In diesen Entwürfen sind auch von jedermann Einsprüche möglich, die von den zuständigen Gremien bearbeitet werden müssen. Preliminary Working Item ist ein in Arbeit befindliches Dokument, welches noch nicht reif zur Veröffentlichung zugelassen ist.

Die Struktur des Normensystems zur Zustandsüberwachung


flächendeckend,
organisch gewachsen



Seit der Verfügbarkeit elektronischen Schwingungsmessgeräte und Analysatoren wurde ein kontinuierlich wachsendes System von Normen und Richtlinien entwickelt. Das mittlerweile sehr komplexe Normenwerk wird in der Folge systematisch dargestellt und erläutert.

Struktur des gesamten Normenwerks



In diesem Schema ist die Struktur des Normenwerkes im Überblick dargestellt, wie sie im Folgenden Punkt für Punkt kommentiert und erläutert ist. Diese Schema ist nach bestimmten Sachgebieten gegliedert. Die zugehörigen Normen können durch Anklicken des entsprechenden Feldes direkt angewählt werden. Die Home Taste  führt wieder auf diesen Überblick.

Struktur Betriebsüberwachung



Zunächst Normen zum Thema Betriebsüberwachung, weitgehend breitbandige Verfahren. Wegen ihrer Bedeutung und der historischen Entwicklung Rechnung tragend werden sie an den Beginn der Vorstellung positioniert.

Breitbandige Schwingungsüberwachung

- vorwiegend v_{eff} oder s_{p-p}
 - definierter Frequenzbereich
 - feste Grenzwerte
-
- **Basisdokument DIN ISO 20816**



Der Beurteilung werden breitbandig gemessene Effektivwerte der Schwinggeschwindigkeit oder Spitzenwerte des Schwingwegs herangezogen. Breitbandig heißt, es wird die gesamte Schwingungsenergie über einen breiten Frequenzbereich erfasst.

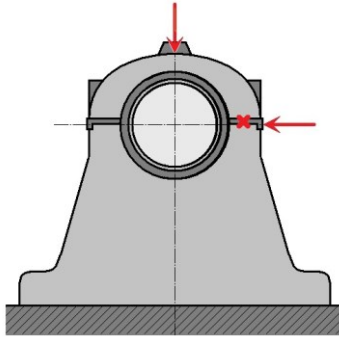
Um eine einheitliche Beurteilung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, sind Messung und Bewertung streng nach einheitlichen Gesichtspunkten durchzuführen. Das betrifft zunächst den Frequenzbereich, der genau zu definieren und auch entsprechend zu beschränken ist. Auch die Schwingungsaufnehmer sind entsprechend auszuwählen und zu positionieren.

Frequenzbereiche, Messgrößen und Aufnehmerpositionen sind durch die einschlägigen Normen in engen Grenzen festgelegt.

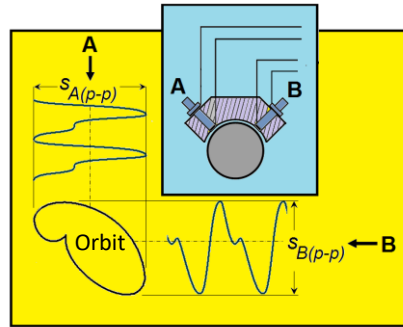
Basisdokument zur breitbandigen Beurteilung ist die Normenreihe DIN ISO 20816, die aus einer Zusammenlegung der parallelen Reihen DIN ISO 10816 für Schwingungen an nicht rotierenden Teilen und DIN ISO 7919 für Wellenschwingungsmessungen entstanden ist. Dort, wo diese Zusammenfassung noch nicht abgeschlossen ist, haben die erstgenannten weiterhin Gültigkeit. Maßgebend ist immer die Veröffentlichung auf der Webseite des Beuth Verlags.

Messanordnungen für Betriebsüberwachungen

Nicht-rotierende Teile



Wellenschwingungen



In diesem Bild sind die Messanordnungen für die beiden grundsätzlichen Messverfahren dargestellt. Die Darstellung sind den zugehörigen Normen entnommen.

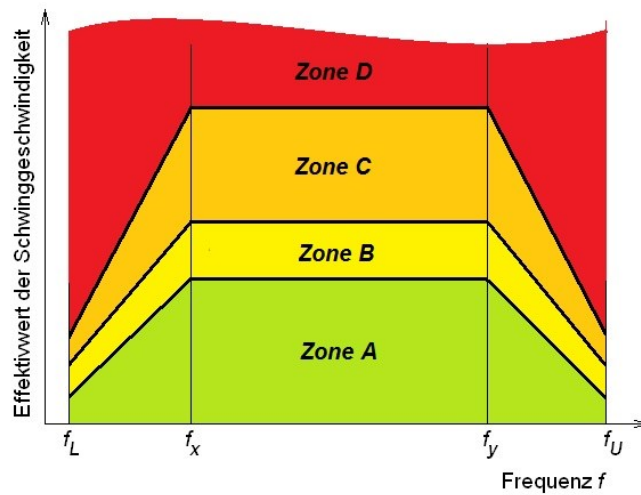
Im linken Teilbild sieht man die Messanordnung für die Messung von Schwingungen an nicht rotierenden Teilen, umgangssprachlich auch Lagerschwingungsmessung genannt. In Höhe des Lagermittelpunkts werden die Schwingungen in vertikaler, axialer und horizontaler Richtung erfasst.

Das rechte Teilbild zeigt die Anordnung zur Messung der Schwingungen rotierender Wellen, die sogenannte Wellenschwingungsmessung. Über zwei in orthogonalen Richtungen angeordnete Wegaufnehmer wird die Wellenbewegung relativ zum Lagergehäuse erfasst. Heute werden praktisch ausschließlich berührungslose Aufnehmer eingesetzt. Aus den beiden Messsignalen kann die Bewegung der Wellenmitte in einer Ebene senkrecht zur Welle ermittelt werden, zum Beispiel durch Darstellung auf einem xy Oszilloskop. Diese Bewegung wird als kinetische Wellenbahn oder Orbit bezeichnet. In der Praxis wird fast ausschließlich der Begriff Orbit verwendet.

Üblicherweise werden ein bis zwei Messebenen je Lagerstelle eingerichtet.

Orbitmessungen können zusätzlich auch am Lagergehäuse erfolgen. Durch Kombination von Wellenschwingungsaufnehmern und Absolutaufnehmern kann auch die Absolutbewegung der Welle erfasst werden.

Beurteilungszonen nach DIN ISO 20816



Das Bild zeigt die typischen breitbandigen Bewertungsgrenzen für Schwingungen. Der Frequenzgang der Messeinrichtung ist in engen Grenzen vorgegeben. Die Grenzwerte zur Beurteilung sind in Zonen A bis D definiert. Eckfrequenzen und Grenzkurven sind in den Normen individuell festgelegt. Schwingungsmessgeräte streng nach diesen Normen sind handelsüblich.

Interpretation der Beurteilungszonen

Zone	Beschreibung
A	Die Schwingungen neu in Betrieb gesetzter Maschinen liegen gewöhnlich in dieser Zone.
B	Maschinen, deren Schwingungen in dieser Zone liegen, werden üblicherweise als geeignet angesehen, ohne Einschränkungen im Dauerbetrieb zu laufen.
C	Maschinen, deren Schwingungen in dieser Zone liegen, werden üblicherweise als nicht geeignet angesehen, ständig im Dauerbetrieb zu laufen. Im Allgemeinen darf die Maschine aber für eine begrenzte Zeit in diesem Zustand betrieben werden, bis sich eine günstige Gelegenheit für Abhilfemaßnahmen ergibt.
D	Schwingungswerte innerhalb dieser Zone werden üblicherweise als so gefährlich angesehen, dass Schäden an der Maschine entstehen können.



12

Die Beschreibung der Zonen ist wesentlicher Bestandteil der Normen, was das Konzept eines anwenderkonzentrierten Systems ermöglicht. Das heißt, Messwerte und Grenzwertüberschreitungen werden von numerisch quantifizierten Werten – z.B. mm/s oder dB – in textliche Angaben umgesetzt, die auch nicht einschlägig qualifiziertem Personal verständlich sind und aus denen Handlungsanweisungen direkt abgeleitet werden können.

Obige Texte sind Originalzitate aus DIN ISO 20816.

Anmerkung: Allein aus den Zonenbeschreibungen (aber auch aus Erfahrung) ist festzustellen: Schwingungen sind nicht nur Indikator von Fehlern – es gibt auch gute Schwingungen!

Beurteilungskriterien nach DIN ISO 20816

- Kriterium I – ist die Schwingstärke bei Nenndrehzahl und stationären Bedingungen
- Kriterium II – ist die Änderung der Schwingstärke gegenüber einem festgelegten Referenzwert
- *(Kriterium III: Stabilität des Phasenwinkels der drehfrequenten Komponente)*
- *Bewerten des dynamischen Verhaltens typischer Schwingungskenngrößen*
- Die Kriterien liefern bei kritischen Maschinenzuständen Empfehlungen für
 - ALARM oder
 - ABSCHALTUNG



Beurteilungskriterien sind einerseits gegeben durch die Zonengrenzen (Kriterium I), zum anderen werden auch sprunghafte Änderungen der Schwingstärke in die Beurteilung einbezogen (Kriterium II). Diese beiden Kriterien sind feste Bestandteile der einschlägigen Normen.

Auf eine vektorielle Schwingungsmessung, also eine Messung nach Betrag und Phase für harmonische Komponenten, wird in den Normen vielfach hingewiesen. Besonders für Wasserkraftanlagen wird diese Thematik ziemlich konkret behandelt. Dort wird vor allem gefordert, dass die Phase stabil bleiben muss (mehr kann in diesem Punkt in Zusammenhang mit allgemeiner Beurteilung nicht spezifiziert werden). Man könnte daraus ein drittes Kriterium ableiten etwa in der Form

Kriterium III: Stabilität des Phasenwinkels der drehfrequenten Komponenten.

Erwähnt sei schließlich noch ein mögliches Kriterium IV, das Bewerten des dynamischen Verhaltens von typischen Schwingungskenngrößen, also die kurzzeitige Schwankungsbreite. Es ist jedoch noch wenig verbreitet, da frühere Messtechniken dafür noch zu träge waren.

Anmerkung: Die Statistische Prozesskontrolle SPC beruht weitgehend auf solchen Bewertungen wie Kriterium IV.

Anwendung der Beurteilungskriterien

- Kriterium I – Schwingstärke bei Nenndrehzahl und stationären Bedingungen findet Anwendung für
 - Überwachung (Beurteilung)
 - Abnahme



Kriterium I, die Schwingstärke, dient nicht nur der breitbandigen Beurteilung von Schwingungen. Dieses Kriterium wird auch oft als Abnahmrichtlinie für neue Maschinen herangezogen.

Die No

Übertitel	Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen
DIN ISO 20186-1	Allgemeine Anleitungen
DIN ISO 20816-2	Stationäre Gasturbinen, Dampfturbinen und Generatoren über 40 MW mit Gleitlagern und Nenndrehzahlen von 1500 min ⁻¹ , 1800 min ⁻¹ , 3000 min ⁻¹ und 3600 min ⁻¹
DIN ISO 20816-3 (Entwurf)	Industriemaschinen mit einer Leistung über 15 kW und Betriebsdrehzahlen zwischen 120 min ⁻¹ und 30000 min ⁻¹
DIN ISO 20816-4	Gasturbinen über 3 MW mit Gleitlagern
DIN ISO 20816-5	Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpspeichieranlagen
DIN ISO 10816-6	Hubkolbenmaschinen mit einer Leistung über 100 kW
DIN ISO 10816-7	Kreiselpumpen für den industriellen Einsatz (einschließlich Messung der Wellenschwingungen)
DIN ISO 20816-8	Hubkolbenkompressoren
DIN ISO 20816-9	Getriebe
DIN ISO 10816-21	Windenergieanlagen mit horizontaler Drehachse und Getriebe



In der Liste ist die Normenreihe im aktuellen Stand zu sehen. Der neueste Stand kann am besten der Webseite des Beuth Verlags über den Link im letzten Bild ermittelt werden (Taste i).

Normen für Drehschwingungen & Messtechnik

Übertitel	Mechanische Schwingungen - Drehschwingungen bei rotierenden Maschinen
ISO 22266-1	Stationäre Dampf- und Gasturbinen-Generator-Sätze über 50 MW
ISO 3046-5	Hubkolben-Verbrennungsmotoren - Anforderungen – Teil 5: Drehschwingungen
VDI 2039	Drehschwingungen im Antriebsstrang - Berechnung, Messung, Reduzierung

Übertitel	Messtechnik
DIN ISO 10817	Messeinrichtung für die Schwingungen rotierender Wellen – Teil 1: Erfassung der relativen und der absoluten Radialschwingungen
ISO 2954	Mechanische Schwingungen von Hubkolbenmaschinen und von Maschinen mit rotierenden Bauteilen - Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte



16

Ergänzend wurden noch Normen zur Messung von Drehschwingungen und Normen über Messeinrichtungen entwickelt.

Unter dem Titel Messtechnik findet man Normen über Messeinrichtungen für normgerechte Analysen. Sie entsprechen den Anforderungen von DIN ISO 20816.

Einschlägige Hersteller bieten Messgeräte und Messeinrichtungen an, die nach den Anforderungen dieser Normen konzipiert sind.

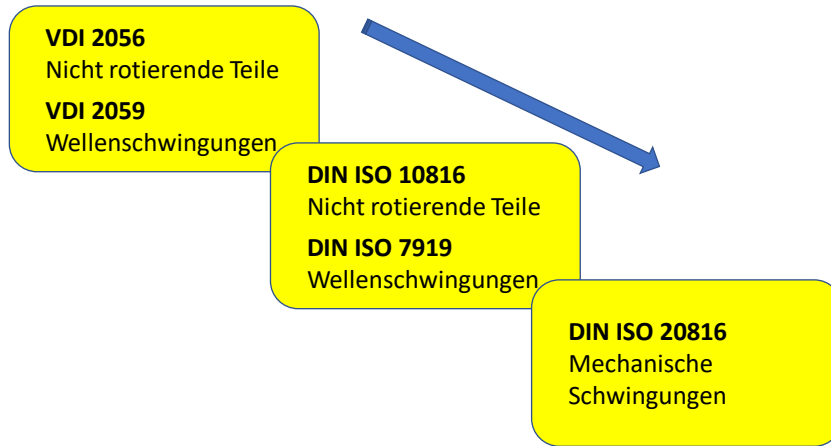
Historische Entwicklung

VDI Richtlinien als
Vorstufe
von ISO Normen



Teilweise sind Normen ursprünglich aus VDI Richtlinien hervorgegangen. Einerseits war diese Entwicklung bahnbrechend, zum anderen wird sie auch heute noch fortgesetzt.

Entstehung der breitbandigen Beurteilung historisch



Weltweit war VDI 2056 die erste Richtlinie zur Beurteilung von Maschinenschwingungen, bald ergänzt durch VDI 2059 für Wellenschwingungen. Beide Richtlinien sind in die DIN ISO Reihen 10816 und 7919 aufgegangen. Diese parallel laufenden Reihen werden aktuell zu einer gemeinsamen Reihe 20816 zusammengefasst. Die ursprünglichen VDI Richtlinien sind mittlerweile obsolet und wurden daher zurückgezogen.

Entstehung der breitbandigen Beurteilung aktuell

VDI 3834
Schwingungen von
Windenergieanlagen

DIN ISO 10816-21
Schwingungen von
Windenergieanlagen



Ihre Fortsetzung findet diese Tradition aktuell bei der Beurteilung der Schwingungen von Windenergieanlagen WEA.

Anmerkung: Die hohe Nummer 21 für diesen Teil hat rein organisatorische Gründe und weist nicht auf die Existenz von weiteren zwanzig Teilen hin.

Übergeordnete Dokumente



Die übergeordneten Dokumente (sogenannte *umbrella documents*) geben einen Gesamtüberblick zum Thema Zustandsüberwachung. Es werden dort grundsätzliche Strategien erläutert und Mustervorlagen für einheitliche Dokumentationen definiert. Besonders in der Welt der Globalisierung empfiehlt sich die Anwendung solcher Mustervorlagen. Diese Normen bieten auch einen Leitfaden für die Anwendung weiterer Normen und Dokumente. Die aus Prioritätsgründen bereits zuvor behandelten breitbandigen Verfahren sind in diese Dokumente einbezogen.

Allgemeine Anleitungen

ÜBERGEORDNETE DOKUMENTE

DIN ISO 17359

Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 17359 Beiblatt 1

Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Erläuterungen zu Fachbegriffen

ISO 13372

Terminology



21

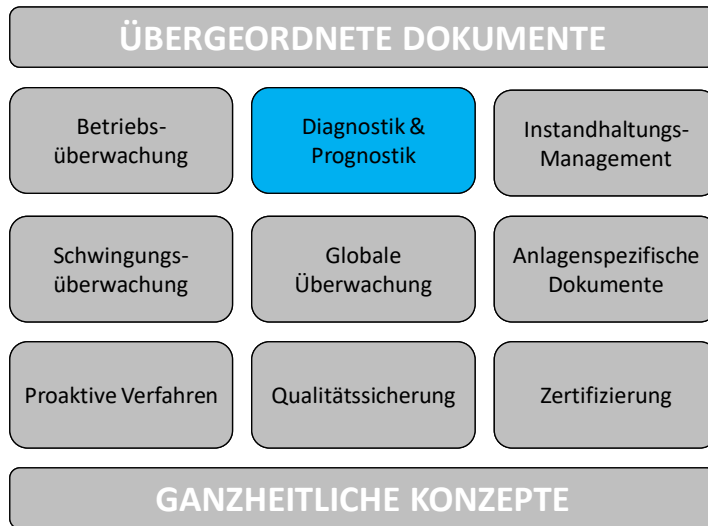
Die Norm **DIN ISO 17359** ist das zentrale übergeordnete Dokument zur Zustandsüberwachung und –diagnostik von Maschinen. In ihr sind alle relevanten Normen aufgeführt. Außerdem sind die grundsätzlichen Verfahren beschrieben. Im Anhang findet man Mustertabellen über Fehler für viele wichtige Maschinengruppen sowie Berichtsvorlagen. Eingeschlossen sind auch die zuvor behandelten Normen zur Betriebsüberwachung.

Beiblatt 1 zu DIN ISO 17359 enthält eine vollständige Sammlung von Fachbegriffen in deutscher und englischer Sprache. Es ist inhaltlich weitgehend parallel zu ISO 13372 (bis auf die Sprache), berücksichtigt jedoch auch deutsche Dokumente, zum Beispiel VDI-Richtlinien.

ISO 13372 ist das internationale Dokument für Begriffsdefinitionen. Da es nur in englischer Sprache verfügbar ist, wurde das Beiblatt 1 zur DIN ISO 17359 erstellt. Letzteres ist im deutschsprachigen Raum vorzuziehen aus zwei Gründen:

1. Die exakte Definition und richtige Verwendung der Fachbegriffe ist in einem solchen komplexen Gebiet unbedingt erforderlich.
2. Im Beiblatt sind auch Begriffe aus ausschließlich deutschen Dokumenten, zum Beispiel VDI Richtlinien, eingearbeitet.

Diagnostik und Prognostik



In weiterer Folge zunächst Dokumente zu den Themen Diagnostik und Prognostik.

Allgemeine Anleitungen – Schwingungsüberwachung

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung



DIN ISO 13373 befasst sich mit der Schwingungs-Zustandsüberwachung, ist also ausschließlich auf Schwingungen bezogen. Die Norm ist in einer Reihe von Teilen erschienen, wie im nächsten Bild gezeigt.

Schwingungs-Zustandsüberwachung

DIN ISO 1735
Allgemein

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Verarbeitung, Analyse und Darstellung von Schwingungsmesswerten
- Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose
- Teil 4: Verfahren zur Diagnostik an Gas und Dampfturbinen mit Gleitlagern
- Teil 5: Verfahren zur Diagnostik an Ventilatoren und Gebläsen
- Part 7: Diagnostik an Maschinensätzen in Wasserkraft- und Pumpspeichieranlagen
- Teil 9: Verfahren zur Diagnostik an Elektromotoren



DIN ISO 13373 ist in mehreren Teilen gegliedert. Bisher sind zehn Teile in Arbeit, die in der Liste aufgeführten sind bereits erschienen.

Im Gegensatz zur Breitbandüberwachung werden hier Verfahren der Schwingungsanalyse behandelt.

Die Teile 1 bis 3 sind von allgemeinem Inhalt, die weiteren Teile sind maschinenspezifisch.

Teil 1 behandelt die allgemeine Messtechnik, die über die breitbandigen Techniken hinausgeht. In Teil 2 werden Verfahren der Analyse vorgestellt. Teil 3 gibt systematische Anleitungen zur Anwendung dieser Verfahren.

Die weiteren Teile sind der Schwingungsdiagnostik speziell auf bestimmte Maschinengruppen fokussiert.

Dateninterpretation und Diagnostik

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

ISO 13379
Verfahren zur
Dateninterpretation und
Diagnostik

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Datenbasierte Verfahren
- Part 3: Knowledge based applications (PWI)

ISO 13381
Prognose



DIN ISO 13379 enthält Anleitungen für die Dateninterpretation und die Diagnostik von Maschinen. Behandelt werden allgemeine Verfahren für die Zustandsbestimmung einer Maschine anhand einer Reihe von Deskriptoren, im Gegensatz zu DIN ISO 13373 nicht beschränkt auf Schwingungen. Durch Veränderungen gegenüber den Basiswerten und Vergleichen mit Alarmkriterien können anormales Verhalten angezeigt und Alarmmeldungen generiert werden.

Ferner werden Verfahren für die Feststellung der Ursache(n) für anormales Verhalten beschrieben, die helfen, geeignete Abhilfemaßnahmen zu treffen (Diagnose). Systematisch werden für jeden Fehler auch Grundursachen und Folgefehler behandelt, was eine Charakterisierung der Symptome eines Fehlers ergibt. Damit wird eine Basis für die Erstellung von Ursachenbäumen geschaffen. Ähnlich wie in der FMEA werden Anleitungen zur Ermittlung Monitoring Prioritätszahlen für die verschiedenen Fehler gegeben.

Zielsetzung ist eine ganzheitliche Überwachung. Durch eine Kategorisierung der Symptome in logische Untergruppen kann die Überwachung auf wenige globale Symptome (Makrosymptome) beschränkt werden, im Alarmfall ist die tiefere Diagnose unmittelbar aus den vorliegenden Daten möglich. Diese Struktur ist Basis der Fehlermode- und -symptomanalyse FMSA.

Die Norm stellt auch die wichtigsten Verfahren der statistischen Analyse vor.

Prognose

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

ISO 13379
Verfahren zur
Dateninterpretation und
Diagnostik

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Datenbasierte Verfahren
- Part 3: Knowledge based applications (PWI)

ISO 13381
Prognose
Part 1: Allgemeine Anleitungen



Die Norm ISO 13381 beschäftigt sich mit dem Thema Prognostik.

Anmerkung: Unter dem Begriff *Prognostik* wird der gesamte Fragenkomplex zusammengefasst, Ergebnis ist jeweils immer eine *Prognose*. Gleiches gilt für die Termini *Diagnostik* und *Diagnose*.

Diagnostik und Prognostik – Datenverarbeitung

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

ISO 13374
Verarbeitung, Austausch und
Darstellung von Daten

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Datenverarbeitung
- Teil 3: Datenaustausch
- Teil 4: Darstellung von Daten

DIN EN 61400-25-6
Windenergieanlagen - Teil 25-6

- Kommunikation für die
Überwachung und Steuerung von
Windenergieanlagen - Klassen
logischer Knoten und Datenklassen
für die Zustandsüberwachung



Für Datenverarbeitung, Datenaustausch und Darstellung gibt es eine Reihe von Normen. Sie sind vor allem für vernetzte Systeme von Bedeutung.

Eine besondere Rolle spielen hier Windenergieanlagen, weshalb ihnen eine spezielle Norm DIN EN 61400-25-6 gewidmet ist (aus dem internationalen Bereich der IEC).

Auch ganz allgemein liefert diese Norm wertvolle Anleitung für die logische Strukturierung größerer und großer Überwachungssysteme.

Übersicht – anlagenspezifische Dokumente



Eine Reihe von Dokumenten ist speziellen Maschinen und Maschinengruppen zugeordnet.

Anlagenspezifische Dokumenten

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

DIN EN ISO 13709
Kreispumpen für den Einsatz in der Erdöl-,
petrochemischen und Erdgasindustrie

ISO 14694
Industrieventilatoren - Technische Vorschriften
für die Wuchtgüte und Vibrationspegel

ISO 14839
Schwingungen drehender Maschinen mit
aktiven Magnetlagern

- Teil 1: Begriffe
- Teil 2: Bewertung der Schwingungen
- Teil 3: Ermittlung der Stabilitätsgrenzen
- Teil 4: Technische Anleitung

mehr ...



Eine Reihe von Normen ist speziellen Maschinen oder Anlagen gewidmet. Sie bieten allgemeine Information im Hinblick auf Zustandsüberwachung und Diagnose, jedoch auch hier nicht beschränkt auf Schwingungen (wie die Reihe DIN ISO 13373).

Begonnen hat diese Tendenz schon relativ frühzeitig mit der Norm ISO 19860, in welcher die Konzeption eines Trend-Monitoring-Systems für Gasturbinen behandelt wird (voller Titel: *Gas turbines — Data acquisition and trend monitoring system requirements for gas turbine installations*).

Besonders interessant sind diese Dokumente bei der Konzeption ganzheitlicher Überwachungssysteme, zum Beispiel auf der Basis von DIN ISO 13379 (siehe die Folien 25, Dateninterpretation und Diagnostik) sowie Folie 42, Ganzheitliche Überwachung).

Hier zunächst Normen zum Thema Kreispumpen, Industrieventilatoren und aktive Magnetlager.

Anlagenspezifische Dokumenten

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

DIN ISO 15242
Wälzlager – Geräuschprüfung
(Körperschallmessung)

- Teil 1: Grundlagen
- Teil 2: Radial-Kugellager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche
- Teil 3: Radial-Pendelrollenlager und Radial-Kegelrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche
- Teil 4: Radial-Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche

DIN ISO 16079
Zustandsüberwachung und -diagnostik von
Windenergieanlagen

- Teil 1: Allgemeine Leitlinien
- Teil 2: Überwachung des Antriebsstrangs

mehr ...



Anlagenspezifische Dokumenten

DIN ISO 17359
Allgemeine Anleitungen

DIN ISO 13373
Schwingungs-
Zustandsüberwachung

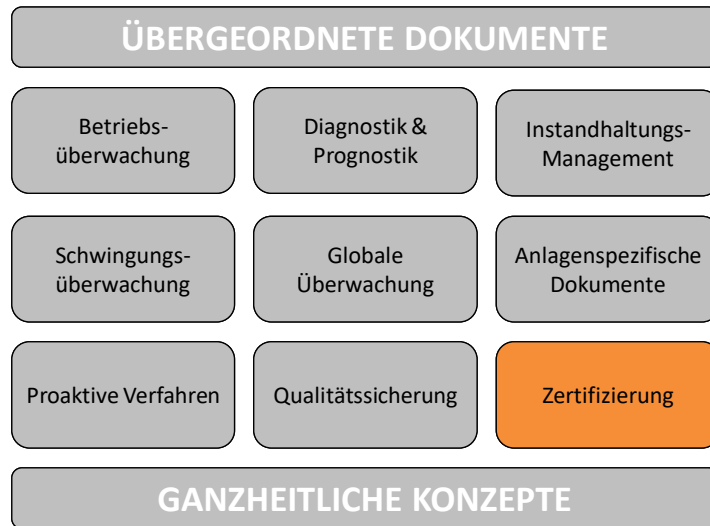
ISO 19283
Maschinensätze in Wasserkraftwerken

ISO 19860
Anforderungen an Datenerfassungssysteme
und Trend-Monitoring bei Gasturbinenanlagen



Wasserkraftwerke und die eingangs dieses Abschnitts zitierte Norm zum Trend Monitoring von Gasturbinenanlagen.

Übersicht – Zertifizierung



Der Zertifizierung von Fachpersonal kommt beim Condition Monitoring eine stark steigende Bedeutung zu.

Zertifizierung von Personal zur Zustandsüberwachung

DIN ISO 18436

Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen - Anforderungen an die Zertifizierung von Personal

- Teil 1: Sektorspezifische Anforderungen an Zertifizierungsstellen und den Zertifizierungsvorgang
- Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung und -diagnostik
- Teil 3: Anforderungen an Schulungsstellen und den Schulungsvorgang
- Teil 4: Schmierstoffanalyse vor Ort
- Teil 5: Laborant für Schmierstoffanalyse
- Teil 6: Schallemission
- Teil 7: Thermografie
- Teil 8: Ultraschallemission

DIN ISO



33

Die Normenreihe DIN ISO 18436 bzw. ISO 18436 ist das internationale Basisdokument für die Zertifizierung von Fachpersonal zur Zustandsüberwachung und –diagnostik von Maschinen.

- Teil 1 definiert spezifische Anforderungen für die Zustandsüberwachung.
- Teil 2 ist speziell dem Thema Schwingungen gewidmet, zielt aber auch auf alternative und ergänzende Verfahren.

Es gibt in Deutschland mehrere akkreditierte Schulungszentren, die Schulungen mit Zertifizierung nach dieser Norm durchführen.

Anmerkung: DIN EN ISO 9712:2012-12, *Zerstörungsfreie Prüfung - Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung*, ist ein Dokument mit weitgehend überdeckendem Inhalt der Teile 3 bis 8, jedoch ohne Berücksichtigung des Fachbereichs Schwingungen. Überschneidungen sind wegen der Identität verschiedener Fachdisziplinen unvermeidlich. Daher ist auf Kohärenz sorgfältig zu achten! Das gilt sowohl für die Normengremien wie auch für Anwender.

Überblick – Management und Qualitätssicherung



Verschiedene Dokumente aus anderen Fachgebieten können durchaus in Zusammenhang mit CM gesehen werden. Das ist vor allem in agilen Managementsystemen von Bedeutung, da es eine fachübergreifende Kommunikation erleichtert oder vielleicht sogar erst ermöglicht.

Proaktives Management

DIN EN 60812

Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)

DIN EN 50126

Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)

- Teil 1: Generischer RAMS-Prozess
- Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik

DIN SPEC 91345

Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0

DIN EN 62402:2008-01

Anleitung zum Obsoleszenzmanagement



35

Im Rahmen des Qualitätsmanagements bzw. Sicherheitsmanagements wird die FMEA zur Fehlervermeidung und Erhöhung der technischen Zuverlässigkeit vorbeugend eingesetzt. Die FMEA wird insbesondere in der Design- bzw. Entwicklungsphase neuer Produkte oder Prozesse angewandt, leistet jedoch auch im Instandhaltungsmanagement gute Dienste. Sie ist Thema von DIN EN 60812.

RAMS ist nach der Definition von DIN EN 50126 ein Prozess oder eine Methodik, die mithelfen soll, Fehler schon in der Planungsphase von Projekten zu verhindern. RAMS kann angewendet werden bei der Entwicklung und Einführung von neuen Produkten, aber auch bei der Planung und Realisierung von neuen Anlagen. Ein RAMS-Management stellt sicher, dass Systeme definiert, Risikoanalysen (Probabilistische Sicherheitsanalyse) durchgeführt, Gefährdungsraten ermittelt, detaillierte Prüfungen gemacht und Sicherheitsnachweise erstellt werden.

Mit dem Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) werden unterschiedliche Aspekte in einem gemeinsamen Modell zusammengeführt (Kommunikationslayer, Lebenszyklus von Anlagen sowie Automatisierungs- und IT-Ebene). Mit diesem Werk erhält der Leser erstmals eine Zusammenfassung verschiedener Dokumente zum Thema Industrie 4.0, sozusagen einen roten Faden, der die Inhalte dieser Dokumente zueinander in Beziehung setzt.

In eine Berechnung der Lebenszykluskosten LCC in Zusammenhang mit DIN EN 60812 ist auch ein Obsoleszenzmanagement einzubeziehen.

VDI Richtlinien

Anwendungsanweisungen



VDI Richtlinien sind vorzugsweise Anwendungsbezogen und in diesem Sinn auch als wertvolle Ergänzung des Normenwerks zu betrachten. Andererseits sind, wie schon im Abschnitt Historische Entwicklung gezeigt, diese Richtlinien oft Vorreiter in der Entstehung von Normen, national wie international.

Auch aktuell zeigt sich diese Strategie: Zur Beurteilung der Schwingungen von Windenergieanlagen WEA ist eine VDI Richtlinie 3834 in Arbeit, die auf Basis national erhobener Daten bestehender Anlagen erstellt wird. Die Übernahme in die internationale Norm DIN ISO 10816 ist ebenfalls im Gange und teilweise bereits erfolgt, wozu jedoch ein internationaler Abgleich erforderlich ist.

VDI Richtlinien – Inhalt und Konzepte

- Technische Regelwerke
 - Richtungsweisend
 - Praxisorientiert
- Handlungsanweisungen
- Vorstufe von Normen
 - VDI 2056 → DIN ISO 10816
 - VDI 2059 → DIN ISO 7919
 - VDI 3834 → DIN ISO 10816-21



VDI Richtlinien sind richtungsweisende, praxisorientierte Regelwerke. In Gegenüberstellung zu Normen stellen sie eher Handlungsanweisungen dar.

In vielen Fällen dienen VDI-Richtlinien als Vorstufen für Normen. Beispiele wurden schon früher in diesem Vortrag präsentiert.

Richtlinien zu Schwingungsmessung und Beurteilung

VDI 3832

Körperschallmessungen zur Zustandsbeurteilung von Wälzlagern in Maschinen und Anlagen

VDI 3834

Messung und Beurteilung der mechanischen Schwingungen von Windenergieanlagen und deren Komponenten

- Blatt 1: Windenergieanlagen mit Getriebe
- Blatt 2: Windenergieanlagen ohne Getriebe

VDI 4551

Strukturüberwachung und -beurteilung von Windenergieanlagen und Offshorestationen



Hier eine kompakte Zusammenstellung von wichtigen VDI-Richtlinien zum Thema Schwingungsmessung und Zustandsbeurteilung.

VDI 3832 ist ein sehr umfassendes Dokument über Verfahren zur Zustandsbeurteilung von Wälzlagern.

VDI 3834 behandelt in zwei Blättern die Messung und Beurteilung mechanischer Schwingungen von Windenergieanlagen.

Ergänzend dazu beschäftigt sich VDI 4551 mit der Strukturüberwachung bei Windenergieanlagen und Offshorestationen.

VDI Richtlinien zur Interpretation von Schwingungen

VDI 3839

Hinweise zur Messung und Interpretation der Schwingungen von Maschinen - Typische Schwingungsbilder

- Blatt 1: Allgemeine Grundlagen
- Blatt 2: Anregungen aus Unwuchten, Montagefehlern, Lagerungsstörungen und Schäden an rotierenden Bauteilen
- Blatt 4: Ventilatoren und Gebläse für Gase
- Blatt 5: Elektrische Maschinen
- Blatt 6: Hydraulische Kraftwerke
- Blatt 7: Typische Schwingungsbilder bei Pumpen
- Blatt 8: Typische Schwingungsbilder bei Kolbenmaschinen



Die Reihe VDI 3839 ist eine umfangreiche Sammlung typischer Schwingungsbilder und gibt Hinweise zu Messung und Interpretation von Schwingungen.

VDI Richtlinien zu Schwingungsanalyse

VDI 3836

Messung und Beurteilung mechanischer Schwingungen von
Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen
(Ergänzung von DIN ISO 10816-3)

VDI 4550

Schwingungsanalysen - Verfahren und Darstellung

- Blatt 1: Begriffe und grundlegende Verfahren
- Blatt 3: Multivariate Verfahren

VDI Handbuch Schwingungstechnik

VDI-Richtlinien

Bezug auch im Abonnement möglich.



VDI 3836 wurde als Ergänzung zu DIN ISO 10816 Teil 3 herausgegeben. Es wurden Kriterien zur Beurteilung mechanischer Schwingungen von Schraubenverdichtern und Rootsgebläsen erarbeitet. Diese gelten wenn Messungen im Betriebszustand am Aufstellungsort erfolgen. Hinweise zum Messen und Bewerten der Schwingungen von zweiwelligen Drehkolbenverdichtern (Schraubenverdichter und Rootsgebläse) gelten für Messungen, die an Lagern und Gehäusen derartiger Maschinen im Betriebszustand ausgeführt werden. Eine Tabelle nennt für vier Gruppen von Verdichtern Grenzwerte für die Gehäuseschwingungen als Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in zwei Frequenzbändern. Zusätzlich gibt ein Diagramm Grenzwerte für die Wellenschwingungen gleitgelagerter Rotoren an.

Mit VDI 4550 wurde ein Konzept zur praxisnahen Darstellung von grundsätzlichen Themen der Schwingungsanalyse in Angriff genommen. Blatt 1 liefert die Grundlagen zur Analyse, vor allem im Hinblick auf die praktische Anwendung. Blatt 3 ist den statistischen Verfahren der multivariaten Analyse gewidmet.

VDI Richtlinien werden auch zu bestimmten Themen als Handbücher, Sammlungen einschlägiger Dokumente herausgegeben. Zur Sicherstellung der Aktualität können diese auch im Abonnement bezogen werden.

Management und Qualitätssicherung



GANZHEITLICHE KONZEPTE zielen, beginnend mit multivariaten Systemen auf übergeordnete Managementsysteme – teilweise schon mit Blick auf die nahe Zukunft.

Ganzheitliche Überwachung

- Vollständige Überwachung
 - Sämtliche Deskriptoren simultan überwachen
 - Berücksichtigung von Abhängigkeiten
- [DIN ISO 13379](#) – Dateninterpretation und Diagnostik
- [VDI 4550 Blatt 3](#) – Multivariate Analysen
- [DIN EN 60812](#) – FMEA
- [DIN EN 50126](#) – RAMS



Ein umfassendes Instandhaltungskonzept muss eine Beurteilung sämtlicher Kenngrößen oder Deskriptoren umfassen, wobei auch gegenseitige Abhängigkeiten zu berücksichtigen sind. Mit dieser Thematik befasst sich die früher schon vorgestellte Normenreihe DIN ISO 13379 sowie die Richtlinie VDI 4550 Blatt 3.

Fehleranalyse, Auswahl geeigneter Deskriptoren, Optimierung von Strategien und Anbindung an allgemeine Verfahren der Qualitätssicherung können mit Verfahren FMEA und RAMS erfolgen.

Alle der hier genannten Dokumente wurde in diesem Betrag an geeigneter Position bereits vorgestellt.

Asset Management

Anlagenwirtschaft



Als ultimates Ziel sollte ein vollständiges Assetmanagement angestrebt werden. Als Asset versteht man

- die Gesamtheit aller Güter eines Wirtschaftsunternehmens
- das Anlagevermögen
- die Kernkompetenz eines Unternehmens
- den Inhalt (Daten, Dateien)

Normen zum Asset Management

- Vermögensverwaltung
- Anlagenwirtschaft
 - Maschinen sind technische Assets
 - Condition Monitoring
- Software Lizenzmanagement
- ISO 55000, Asset Management
 - ISO 55000: Übersicht, Leitlinien, Begriffe
 - ISO 55001: Managementsysteme – Anforderungen
 - ISO 55002: Leitfaden für die Anwendung der Managementsysteme
- DIN SPEC 91345, Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0



Technisches Asset sind im gegebenen Kontext Maschinen und Maschinensysteme. Zustandsüberwachung oder allgemein Instandhaltungsmanagement (also alles, was bisher in diesem Paper vorgestellt wurde). Zustandsüberwachung und Instandhaltung werden zu einem Teil des Asset Managements.

Die Normenreihe ISO 55000 behandelt in mehreren Teilen das Asset Management.

Die schon früher vorgestellte DIN SPEC 91345 definiert ein entsprechendes Referenz-Architekturmodell als Basis für eine systemunabhängige Beschreibung von Schnittstellen zur Kommunikation.

Bedeutung von Normen und Richtlinien

Vertrags- und Rechtsgrundlagen



Zum Abschluss soll noch auf den Stellenwert von Normen und Richtlinien im industriellen und rechtlichen Umfeld kurz eingegangen werden.

Aspekte der Normung

- Ziele der Normenarbeit
 - Dokumentation des aktuellen Industriestandards
 - Bauelemente (Schrauben)
 - Bewährte Verfahren
 - Entwicklung von Konzepten
 - Aktuelle Verfahren
 - Neue Verfahren
 - Strategien
 - Qualitätsmanagement
 - Fehlervermeidung (FMEA)
 - Zertifizierung
 - Vereinheitlichung von Standards



Aufgabe von Normen ist die Katalogisierung des technischen Standards auf einem bestimmten Fachgebiet. In den übergeordneten Gremien wird für Vereinheitlichung der Begriffe über das gesamte Normengebiet gesorgt.

Normen stehen auch für die einheitliche Definition von Fachbegriffen. Es ist zu empfehlen, diese Begriffe auch entsprechend zu verwenden, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Für manche Fachgebiete sind den Begriffen eigene Dokumente gewidmet.

Rechtskraft von Normen

- Normen haben keine Rechtskraft!
- Sie bieten
 - Festlegung des Standes der Technik
 - Basis für juristische Gutachten
 - Beurteilungs- und Abnahmerichtlinien
 - DIN ISO 20816
 - Basis zur Erstellung von Lastenheften



Normen haben an sich keine unmittelbare Rechtskraft (außer als Bestandteil von Verträgen oder Lastenheften).

Da Normen allerdings den aktuellen Stand der Technik beschreiben und festlegen, dienen sie oft als Basis für juristische Gutachten. Damit kommt ihnen durchaus mittelbare Rechtskraft zu.

Die bedeutenden Normen zur breitbandigen Beurteilung von Schwingungen sind auch als Richtlinien für die Abnahme von Maschinen konzipiert. Sie werden daher auch gerne als Basis für die Erstellung von Lastenheften herangezogen (s.o.).

Insoweit entsteht auch in dieser Hinsicht rechtliche Bedeutung.

Zusammenfassung


Normen als Wegbereiter



Insgesamt wurde in diesem Vortrag ein umfangreiches, systematisch konzipiertes und sehr weitgehendes Normenwerk als Basis für Zustandsüberwachung und Instandhaltungsmanagement vorgestellt. Inwieweit kommt diesem Werk die Rolle als Wegbereiter zu?

Basis des Normensystems

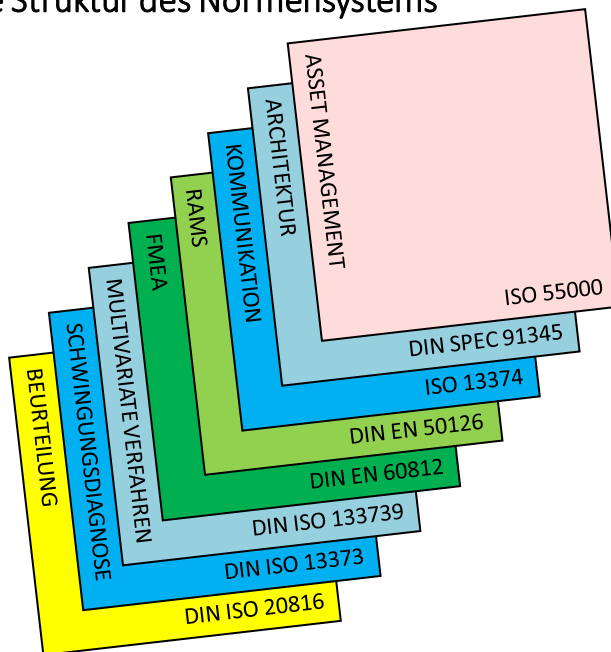
Normung als Wegbereiter eines modernen Condition Monitoring

- Umfassendes Normensystem
- Vernetzung – national und international
- Skalierbar
 - Betriebsüberwachung
 - 
 - Asset Management
- Entwicklungsbasis
 - agiles Management
 - Internet of Things (IoT, IIoT)
 - Autonome Konzepte



- Das Normenwerk ist insgesamt sehr umfangreich und deckt das gesamte Aufgabengebiet praktisch lückenlos ab.
- Über die Normung ist in den entsprechenden Gremien eine Vernetzung auch international gegeben.
- Der Aufbau des Normenwerks ist von durchgehender Systematik und damit hervorragend skalierbar.
- Normen bilden die notwendige Entwicklungsbasis für leistungsfähige Kooperationen.

Hierarchische Struktur des Normensystems



Im Bild noch ein Überblick zum hierarchischen Aufbau des Normensystems, hier fokussiert auf die einschlägigen DIN und DIN ISO Normen.

Links und Normenportale

- Beuth-Verlag www.Beuth.de
 - Titel
 - aktuelle Ausgaben
 - auch Entwürfe, DIS, FDIS
- Normenportale

Nähere Informationen über Inhalte von Normen und Richtlinien findet man auf der Webseite des Beuth-Verlags und über Normenportale. Letztere sind auch an den meisten Universitäten und Hochschulen zugreifbar.



Informationen über den aktuellen Stand von Normen und Richtlinien erhält man auf der Homepage des Beuth-Verlages sowie über diverse Normenportale.