

DIN ISO 13373-4



ICS 17.160

**Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen –
Schwingungs-Zustandsüberwachung –
Teil 4: Verfahren zur Diagnostik an Gas- und Dampfturbinen mit
Gleitlagern (ISO 13373-4:2021)**

Condition monitoring and diagnostics of machines –
Vibration condition monitoring –
Part 4: Diagnostic techniques for gas and steam turbines with fluid-film bearings
(ISO 13373-4:2021)

Surveillance et diagnostic d'état des machines –
Surveillance des vibrations –
Partie 4: Techniques de diagnostic pour turbines à gaz et turbines à vapeur à paliers à film
fluide (ISO 13373-4:2021)

Gesamtumfang 32 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Messungen	9
4.1 Schwingungsmessungen	9
4.2 Messung der Betriebsparameter der Maschine	10
5 Erstanalyse	10
6 Spezifische Analyse von Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern	11
7 Bei Handlungsempfehlungen zu berücksichtigende Aspekte	11
Anhang A (normativ) Systematische Vorgehensweise für die Schwingungsanalyse von Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern	12
Anhang B (informativ) Methodik zur Diagnose von Schwingungsproblemen in Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern	22
Anhang C (informativ) Beispiel zur Untersuchung von Schwingungsproblemen in Dampfturbinen mit Gleitlagern	28
C.1 Beispiel Spektralanalyse und Auswuchten	28
C.2 Beispiel für durch Dampf angeregte Schwingung	31
Literaturhinweise	32

Bilder

Bild B.1 — Diagnoseflussdiagramm für Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern	24
Bild B.2 — Diagnoseflussdiagramm für Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern für 1×-Schwingungen	25
Bild B.3 — Diagnoseflussdiagramm für Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern für subsynchrone Schwingungen	26
Bild B.4 — Diagnoseflussdiagramm für Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern für 1×-Schwingungen und Harmonischen	27
Bild C.1 — Konfiguration der Dampfturbine	28
Bild C.2 — Spektren des antriebsseitigen Lagers	29
Bild C.3 — Rotordynamisches Modell	30
Bild C.4 — Konische Eigenform bei Resonanzdrehzahl 2 800 min ⁻¹	30
Bild C.5 — Betriebsschwingungsform an den Lagern der Dampfturbine und dem Stützsystem [12]	31

Tabellen

Tabelle A.1 — Fehlertabelle für die Schwingungsanalyse von Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern	13
Tabelle A.2 — Sichtbare Anzeichen für typische Fehler	20

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 13373-4:2021, die vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von ANSI (Vereinigte Staaten von Amerika) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-03-05 AA „Zustandsüberwachung und Diagnostik von Maschinen“ im DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS).

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

DIN ISO 13373 besteht unter dem allgemeinen Titel *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung* aus den folgenden Teilen^{*}, ^{**}

- 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
- Teil 9: Verfahren zur Diagnostik an Elektromotoren

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

ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
ISO 7919 (alle Teile) ^{***}	siehe	DIN ISO 7919 (alle Teile)
ISO 10816 (alle Teile)	siehe	DIN ISO 10816 (alle Teile)
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 13373-1	siehe	DIN ISO 13373-1
ISO 13373-2	siehe	DIN ISO 13373-2
ISO 13373-3:2015	siehe	DIN ISO 13373-3:2015-12
ISO 13379-1	siehe	DIN ISO 13379-1
ISO 17359	siehe	DIN ISO 17359
ISO 20816-1	siehe	DIN ISO 20816-1

* ISO 13373-10, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 10: Diagnostic techniques for electric generators over 50 MVA* befindet sich in Arbeit.

** ISO 13373-7, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 7: Diagnostic techniques for machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants* wird nicht national übernommen.

ISO 20816-2	siehe	DIN ISO 20816-2
ISO 20816-4	siehe	DIN ISO 20816-4
ISO 21940-2	siehe	DIN ISO 21940-2
ISO/TR 19201	siehe	DIN ISO 10816 Beiblatt 1

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

*** ISO 7919-3, *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts — Part 3: Coupled industrial machines* wird ersetzt durch ISO 20816-3, *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds between 120 r/min and 30 000 r/min* werden. Eine nationale Übernahme als DIN ISO 20816-3, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 3: Industriemaschinen mit einer Leistung über 15 kW und Betriebsdrehzahlen zwischen 120 min⁻¹ und 30 000 min⁻¹* ist in Arbeit. Alle anderen Teile von ISO 7919 und DIN ISO 7919 wurden bereits zurückgezogen.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 2954, *Mechanische Schwingungen von Hubkolbenmaschinen und von Maschinen mit rotierenden Bauteilen — Anforderungen an Schwingstärkemessgeräte*

DIN ISO 7919 (alle Teile), *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an rotierenden Wellen*

DIN ISO 10816 (alle Teile), *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen*

DIN ISO 10816 Beiblatt 1, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Beiblatt 1: Methodisches Vorgehen bei der Auswahl von Normen zu Maschinenschwingungen einschließlich der Wellenschwingungen*

DIN ISO 10817-1, *Messeinrichtung für die Schwingungen rotierender Wellen — Teil 1: Erfassung der relativen und der absoluten Radialschwingungen*

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 13373-3:2015-12, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung — Teil 3: Anleitungen zur Schwingungsdiagnose (ISO 13373-3:2015)*

DIN ISO 13379-1, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Verfahren zur Dateninterpretation und Diagnostik — Teil 1: Allgemeine Anleitungen*

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

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 $1\,500\text{ min}^{-1}$, $1\,800\text{ min}^{-1}$, $3\,000\text{ min}^{-1}$ und $3\,600\text{ min}^{-1}$*

DIN ISO 20816-4, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 4: Gasturbinen über 3 MW mit Gleitlagern*

DIN ISO 21940-2, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 2: Begriffe*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 108, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring*, Unterkomitee SC 2, *Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures*, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 13373 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Dieses Dokument enthält Leitlinien für die zu berücksichtigenden Verfahren bei der Schwingungsdiagnostik an Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern. Es ist für Anwender der Schwingungstechnik, Ingenieure und Techniker vorgesehen und stellt nützliche Diagnostikwerkzeuge bereit. Diese Werkzeuge umfassen diagnostische Flussdiagramme, Prozesstabellen, Fehlertabellen und Symptomtabellen. Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen stellen die grundlegenden, logischen und vernünftigen Schritte dar, die unternommen werden sollten, wenn Schwingungsprobleme an diesen bestimmten Maschinentypen diagnostiziert werden.

Die Normenreihe ISO 20816 enthält zulässige Schwingungsgrößen und -bereiche für verschiedene Typen und Größen von Maschinen, von neuen Maschinen und Maschinen mit gutem Laufverhalten bis hin zu ausfallgefährdeten Maschinen.

ISO 13373-1 enthält die grundlegenden Verfahren für die Analyse von Schmalband-Schwingungssignalen und umfasst die Arten der zu verwendenden Aufnehmer, ihre Bereiche und empfohlenen Anordnungen an verschiedenen Maschinentypen, Online-Schwingungsüberwachungssysteme und periodische Schwingungsüberwachungssysteme sowie potenzielle Maschinenprobleme.

ISO 13373-2 umfasst Beschreibungen der erforderlichen Signalaufbereitungsgeräte, Techniken für den Zeitbereich und den Frequenzbereich sowie Wellenformen und Signaturen zur Charakterisierung der häufigsten Betriebserscheinungen oder Maschinenfehler, die bei der Durchführung einer Analyse von Schwingungssignaturen festgestellt werden.

ISO 13373-3 enthält einige Verfahren zur Bestimmung der Ursachen von Schwingungsproblemen, die an allen Arten von rotierenden Maschinen auftreten. Das Dokument umfasst systematische Vorgehensweisen zur Beschreibung der Schwingungsphänomene, die verfügbaren Diagnosewerkzeuge, welche für bestimmte Anwendungen erforderlich sind sowie Empfehlungen, wie sie an unterschiedlichen Maschinentypen und Bauteilen anzuwenden sind. Jedoch schließt dies die Anwendung weiterer Diagnosetechniken nicht aus.

Es sollte beachtet werden, dass nach ISO 17359 die Diagnostik

- nach Feststellung einer Anomalie während der Überwachung als anschließende Maßnahme begonnen, oder
- von Anfang an parallel zur Überwachung durchgeführt werden kann.

Das vorliegende Dokument berücksichtigt nur die erste Variante, nach der eine Diagnose durchgeführt wird, nachdem eine Anomalie erkannt wurde. Darüber hinaus befasst sich dieses Dokument hauptsächlich mit der Anwendung von Flussdiagrammen, Prozesstabellen, Fehlertabellen und Symptomtabellen als Diagnosewerkzeuge, da davon ausgegangen wird, dass diese Werkzeuge am besten für die Nutzung durch Anwender, Ingenieure und Techniker vor Ort geeignet sind.

Die Methodik mit Flussdiagrammen und diagnostischen Prozesstabellen stellt ein strukturiertes Verfahren für eine Person vor Ort dar, einen Fehler zu diagnostizieren und seine Ursache zu finden. Dieses schrittweise Vorgehen sollte den Anwender der Schwingungsdiagnostik bei der Suche der wahrscheinlichsten Ursache dieser Maschinenanomalie anleiten können.

Die Fehlertabellen enthalten eine Auflistung der häufigsten Fehlerzustände an Maschinen sowie ihre Erscheinungsformen in den Maschinen- und Schwingungsdaten. Die Symptomtabellen enthalten die wichtigsten Schwingungsmerkmale der Hauptfehler. Werden sie gemeinsam mit den Flussdiagrammen verwendet, tragen die Tabellen zur Erkennung von Maschinenfehlern bei.

Bei der Untersuchung eines Maschinenproblems, das sich als hohes oder fehlerhaftes Schwingungssignal äußert, sollte die Diagnose des Problems gut durchdacht und systematisch durchgeführt werden. Dieses Dokument und ISO 13373-3 erfüllen diesen Zweck, indem sie der analysierenden Person Leitlinien zur Auswahl der geeigneten Messmittel, der Analysewerkzeuge und ihrer Verwendung sowie zu den empfohlenen

schrittweisen Vorgehensweisen bei der Problemdiagnose im Zusammenhang mit verschiedenen Typen von Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern an die Hand geben.

VDI 3839 Blatt 4 enthält typische Schwingungsbilder von Dampf- und Gasturbinen und kann eine nützliche Orientierungshilfe darstellen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Leitlinien für die zu berücksichtigenden Verfahren bei der Schwingungsdiagnostik an verschiedenen Typen von Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern.

Dieses Dokument ist für die Nutzung durch Anwender, Ingenieure und Techniker bei der Zustandsüberwachung vorgesehen und umfasst eine praktische, schrittweise Vorgehensweise zur schwingungsbasierten Fehlerdiagnose. Zusätzlich sind mehrere Beispiele für eine Reihe an Maschinen- und Bauteilarten und die entsprechenden Fehlersymptome angegeben.

Die in diesem Dokument dargestellte Vorgehensweise basiert auf etablierten bewährten Verfahren, die von erfahrenen Anwendern zusammengestellt wurden. Es sei jedoch erwähnt, dass es auch andere Ansätze geben kann. Die empfohlenen Maßnahmen für eine bestimmte Diagnose hängen von den Umständen im Einzelfall, der Zuverlässigkeit der Fehlerdiagnose (z. B. „Wurde dieselbe Diagnose für diese Maschine schon früher gestellt und war sie zutreffend?“), der Erfahrung des Anwenders, der Fehlerart und -schwere sowie von sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Erwägungen ab. Es ist weder möglich noch das Ziel dieses Dokuments, Maßnahmen für alle Fälle zu empfehlen.

2 Normative Verweisungen

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

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

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

ISO 13373-1, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 1: General procedures*

ISO 13373-2, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data*

ISO 13373-3:2015, *Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring — Part 3: Guidelines for vibration diagnosis*

ISO 21940-2, *Mechanical vibration — Rotor balancing — Part 2: Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 2041, ISO 13372 und ISO 21940-2.

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

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

4 Messungen

4.1 Schwingungsmessungen

Für die Ermittlung der Schwingungsmesswerte können zwei Hauptkategorien von Aufnehmern verwendet werden:

- a) berührungslos, z. B. werden Induktivaufnehmer, kapazitive Aufnehmer und Wirbelstromaufnehmer an rotierenden Wellen verwendet;
- b) seismische Aufnehmer, z. B. werden Beschleunigungs- oder Geschwindigkeitsaufnehmer an nicht-rotierenden Teilen, wie etwa am Lagergehäuse, verwendet.

Zur Erleichterung der Beurteilung der in beiden beschriebenen Messverfahren ermittelten Schwingstärke gibt es Internationale Normen, z. B. die Normenreihen ISO 7919, ISO 10816 und ISO 20816.

Leitlinien zur Auswahl der geeigneten zu nutzenden Internationalen Norm sind in ISO/TR 19201 enthalten.

Es ist wichtig, zu erkennen, dass für die Fehlerdiagnose das geeignete Aufnehmer-, Signalaufbereitungs-, Mess- und Analysesystem unter Berücksichtigung der speziellen Situationen in Gas- und Dampfturbinen mit Gleitlagern verwendet werden sollte. Es empfiehlt sich, vor der Durchführung von Messungen zu prüfen, ob die Schutzerdung und die elektrischen Felder der Maschine einen Einfluss auf die Messungen haben.

Beschreibungen von Aufnehmern, Messsystemen und Analyseverfahren sind in ISO 13373-1 und ISO 13373-2 enthalten und müssen bei der Auswahl des geeigneten Systems berücksichtigt werden.

4.2 Messung der Betriebsparameter der Maschine

Betriebsparameter (z. B. Drehzahl, Last, Montagekonfiguration [starre oder flexible Lagerung] und Temperatur), die einen Einfluss auf das Schwingungsverhalten der Maschine haben können, sind wichtig, um eine geeignete Fehlerdiagnose zu stellen. Für eine bestimmte Maschine können diese Parameter mit einer Reihe von stationären und instationären (transienten) Betriebsbedingungen in Beziehung gesetzt werden.

5 Erstanalyse

Eine erste Fehleranalyse muss unter Anwendung der in ISO 13373-3:2015, Anhang A, angegebenen Leitlinien durchgeführt werden und muss jegliche sicherheitstechnischen Bedenken identifizieren, wie

- a) das Vorhandensein und die Schwere starker Schwingungen,
- b) die Betriebshistorie der Maschine,
- c) die Auswirkungen der Betriebsparameter der Maschine,
- d) die Folgen des Unterlassens notwendiger Korrekturmaßnahmen zur Verringerung der Schwingungen der Maschine und
- e) das Abschalten der Turbine um ihre Beschädigung zu verhindern.

Zusätzlich sollten während der Erstanalyse des Leistungsverhaltens der Maschine (en: machine performance) weitere Faktoren berücksichtigt werden, wie die

- f) Montagekonfiguration des Messaufnehmers,
- g) Auswirkungen jeglicher rotierender Maschinen in der Nähe und
- h) Auswirkungen des Gebäude- und Maschinenfundaments (z. B. die Umgebung des Fundaments der Grundplatte) (onshore oder offshore).

Siehe auch ISO 13373-3:2015, Anhang B bis Anhang D, für eine Beschreibung einiger häufiger Maschinenfehler (z. B. Einbau- und Lagerschäden).