

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  
 $120 \text{ min}^{-1}$  und  $15\,000 \text{ min}^{-1}$  bei Messungen am Aufstellungsort (ISO 10816-3:1998)

**DIN**  
**ISO 10816-3**

ICS 17.160

Deskriptoren: mechanische Schwingung, Messung, Bewertung, Maschine,  
Schwingungsmessung

Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements  
on non-rotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power  
above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min  
when measured in situ (ISO 10816-3:1998)

Vibrations mécaniques — Évaluation des vibrations des machines par  
mesurages sur les parties non tournantes — Partie 3: Machines industriel-  
les de puissance nominale supérieure à 15 kW et de vitesse nominale  
entre 120 r/min et 15 000 r/min, lorsqu'elles sont mesurées in situ  
(ISO 10816-3:1998)

**Die Internationale Norm ISO 10816-3 : 1998 „Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.**

### Nationales Vorwort

Diese Übersetzung ist im Gemeinschaftsausschuß NALS/VDI C 3 „Beurteilungsmaßstäbe für Schwingungen und Stöße bei Bauwerken, Maschinen und Fahrzeugen“ ausgearbeitet worden.

Die Internationale Norm ISO 10816-3 basiert auf der Grundnorm ISO 10816-1. Aus ISO 10816-1 wurden die Definition der Bewertungszonen und die Festlegungen zu den ALARM- und ABSCHALT-Grenzen übernommen.

Die vorliegende Norm DIN ISO 10816-3 gilt für zwei Gruppen von Maschinen, die bisher in der Norm DIN ISO 3945 „Mechanische Schwingungen großer rotierender Maschinen mit Drehzahlen zwischen  $10 \text{ s}^{-1}$  und  $200 \text{ s}^{-1}$  — Messung und Beurteilung der Schwingstärke am Aufstellungsort“ und der Richtlinie VDI 2056 „Beurteilungsmaßstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen“ behandelt wurden. DIN ISO 10816-3 nennt für vier verschiedene Maschinengruppen (zwei davon betreffen nur Pumpen) und jeweils zwei verschiedene Aufstellungsbedingungen Grenzwerte für den Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit und des Schwingweges. Dabei weichen die Grenzwerte zum Teil wesentlich von den früher geltenden Werten ab. DIN ISO 3945 ist mit dem Erscheinen von DIN ISO 10816-1 zurückgezogen worden; VDI 2056 wurde 1997 ebenfalls zurückgezogen, da die Grenzwertfestlegungen für die meisten Maschinengruppen nicht mehr kompatibel sind. Das gilt auch für die in dieser Norm angesprochenen Maschinen.

Zu den im Inhalt zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 496 siehe DIN 747

ISO 2954 siehe DIN 45666

ISO 7919-1 siehe DIN ISO 7919-1

ISO 7919-3 siehe DIN ISO 7919-3

ISO 10816-1 siehe DIN ISO 10816-1

ISO 10816-2 siehe DIN ISO 10816-2

ISO 10816-4 siehe DIN ISO 10816-4

ISO 10816-6 siehe DIN ISO 10816-6

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

Fortsetzung Seite 2 bis 10

## Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitglieds-körperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörper-schaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) auf allen Gebie-ten elektrotechnischer Normung zusammen.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten internationalen Norm-Entwürfe werden den Mitglieds-körperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert Zustimmung von mindestens 75 % der abstim-menden Mitglieds-körperschaften.

Die Internationale Norm ISO 10816-3 ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration and shock“, Unterkomi-tee SC 2 „Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures“ erarbeitet worden.

ISO 10816 besteht aus den folgenden Teilen, die alle die gemeinsame Überschrift „Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen“ tragen:

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Große stationäre Dampfturbinen-Generatorsätze mit Leistungen über 50 MW
- Teil 3: Industrielle Maschinen mit Nennleistungen über 15 kW und Nenndrehzahlen zwischen  $120 \text{ min}^{-1}$  und  $15\,000 \text{ min}^{-1}$  bei Messungen am Aufstellungsort
- Teil 4: Maschinensätze mit Antrieb durch Gasturbinen mit Ausnahme von Flug-Triebwerken
- Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpenanlagen
- Teil 6: Hubkolbenmaschinen mit Leistungen über 100 kW

Anhang A dieses Teils von ISO 10816 ist normativ, Anhang B dient nur der Information.

## Einleitung

ISO 10816-1 ist eine Grundnorm, welche die allgemeinen Anforderungen für die Bewertung der Schwingungen unterschiedli-cher Maschinenarten beschreibt, wenn Schwingungsmessungen an nicht-rotierenden Bauteilen ausgeführt werden. Dieser Teil von ISO 10816 gibt Hilfestellung bei der Bewertung der Größe von Schwingungen, die an den Lagern, Lagerständern oder Gehäusen von industriellen Maschinen gemessen werden, wenn Messungen an ihrem Aufstellungsort ausgeführt werden.

Es werden zwei Kriterien zur Beurteilung der Maschinenschwingungen angegeben. Das eine Kriterium betrachtet die Größe der beobachteten Schwingung; das zweite die Änderungen der Schwingungsgröße. Es ist jedoch zu beachten, daß diese Kri-terien nicht allein die Grundlage für eine Beurteilung der Stärke von Schwingungen sind. Bei einigen Maschinentypen ist es üblich, zusätzlich die an den rotierenden Wellen gemessenen Schwingungen zu bewerten. Die Anforderungen und die Kriterien bei Wellenschwingungsmessungen werden in anderen Normen genannt, nämlich ISO 7919-1 und ISO 7919-3.

## 1 Anwendungsbereich

Die in diesem Teil von ISO 10816 genannten Schwingungs-kriterien gelten für Maschinensätze, die zum Beispiel von Dampfturbinen oder Elektromotoren angetrieben werden und Leistungen über 15 kW sowie Betriebsdrehzahlen zwi-schen  $120 \text{ min}^{-1}$  und  $15\,000 \text{ min}^{-1}$  besitzen.

Dieser Teil von ISO 10816 umfaßt folgende Arten von Maschinensätzen:

- Dampfturbinen mit Leistungen bis 50 MW,
- Dampfturbinensätze mit Leistungen größer als 50 MW und Drehzahlen unter  $1\,500 \text{ min}^{-1}$  oder über  $3\,600 \text{ min}^{-1}$  (diese werden von ISO 10816-2 nicht erfaßt),
- Turbokompressoren,
- industrielle Gasturbinen mit Leistungen bis 3 MW,
- Pumpen mit radialer, halb-axialer oder axialer Durch-strömung,
- Generatoren mit Ausnahme solcher in Wasserkraft- und Pumpenanlagen,
- Elektromotoren jeder Bauart,
- Gebläse und Lüfter.

**ANMERKUNG:** Es sollte jedoch beachtet werden, daß die in diesem Teil von ISO 10816 genannten Schwin-gungskriterien nur für Lüfter mit Leistungen über 300 kW oder für andere, auf hinreichend steifen Auf-stellungsbauteilen/Rahmen und nicht elastisch gela-gerte Lüfter gelten. Wenn es die Umstände erlauben,

werden Empfehlungen für andere Lüfertypen vorbe-reitet, einschließlich solcher mit elastischer Lage-rung oder in Leichtbau-Blechkonstruktion. Bis dahin kann die Klassifizierung zwischen dem Hersteller und dem Betreiber abgestimmt werden unter Nut-zung der Ergebnisse von Betriebserfahrungen; siehe auch ISO 14694.

Dieser Teil von ISO 10816 gilt nicht für:

- Stationäre Dampfturbinen-Generatorsätze mit Leistun-gen über 50 MW und Drehzahlen von  $1\,500 \text{ min}^{-1}$ ,  $1\,800 \text{ min}^{-1}$ ,  $3\,000 \text{ min}^{-1}$  oder  $3\,600 \text{ min}^{-1}$  (siehe ISO 10816-2),
- Gasturbinen mit Leistungen über 3 MW (siehe ISO 10816-4),
- Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpenanlagen (siehe ISO 10816-5),
- Maschinen, die mit Kolbenmaschinen gekuppelt sind (siehe ISO 10816-6),
- zweiwellige Drehkolbenverdichter (z. B. Schraubenver-dichter),
- Kolbenkompressoren,
- Kolbenpumpen,
- Tauch-Motorpumpen,
- Windturbinen.

Die Kriterien in diesem Teil von ISO 10816 gelten für breit-bandig am Aufstellungsort gemessene Schwingungen, die an den Lagern, Lagerständern oder Gehäusen beim statio-

nären Betrieb innerhalb des Nenn-Drehzahlbereiches ermittelt werden. Sie gelten für Abnahmemessungen und die Betriebsüberwachung. Es ist vorgesehen, daß die Beurteilungskriterien in diesem Teil von ISO 10816 sowohl für eine kontinuierliche als auch für eine intermittierende Betriebsüberwachung anwendbar sind.

Dieser Teil von ISO 10816 schließt Maschinen ein, die Getriebe oder Wälzlager besitzen. Er liefert aber keine diagnostische Beurteilung für den Zustand dieser Getriebe oder Wälzlager.

Die Kriterien gelten nur für Schwingungen, die der Maschinensatz selbst erzeugt, nicht jedoch für Schwingungen, die von externen Quellen auf die Maschine übertragen werden.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils von ISO 10816 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil von ISO 10816 basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 496 : 1973

Driving and driven machines — Shaft heights

ISO 2954 : 1975

Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery — Requirements for instruments for measuring vibration severity

ISO 7919-3 : 1996

Mechanical vibration of non-reciprocating machines — Measurements on rotating shafts and evaluation criteria — Part 3: Coupled industrial machines

ISO 10816-1 : 1995

Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 1: General guidelines

## 3 Meßverfahren und Betriebsbedingungen

Die in ISO 10816-1 beschriebenen allgemeinen Verfahren sind mit Ergänzung durch die nachfolgenden Empfehlungen anzuwenden.

### 3.1 Meßeinrichtung

Die Meßeinrichtung muß geeignet sein, den Effektivwert der Schwingungen breitbandig in einem Frequenzbereich zu messen, der mindestens von 10 Hz bis 1000 Hz reicht in Übereinstimmung mit den Anforderungen in ISO 2954. Es hängt von den Schwingungskriterien ab, ob der Schwingweg oder die Schwinggeschwindigkeit oder eine Kombination beider Größen zu messen ist (siehe ISO 10816-1). Bei Maschinen mit Drehzahlen um oder unter  $600 \text{ min}^{-1}$  darf die untere Grenze des Frequenzbereiches aber nicht über 2 Hz liegen.

ANMERKUNG: Wenn die Meßeinrichtung jedoch zusätzlich für Diagnosezwecke benutzt wird, kann eine obere Frequenzgrenze von mehr als 1000 Hz notwendig sein.

Es sollte darauf geachtet werden, daß das Meßsystem nicht beeinflusst wird von Umgebungseinflüssen wie:

- Temperaturschwankungen,
- magnetische Felder,

- Schallfelder,
- Schwankungen der Speisespannung,
- Länge der Aufnehmerleitung,
- Meßrichtung der Aufnehmer.

Es sollte vor allem sichergestellt werden, daß die Schwingungsaufnehmer richtig montiert sind und keine zusätzlichen Meßabweichungen verursachen.

### 3.2 Meßorte

Die Messungen werden üblicherweise an ungeschützten Teilen der Maschine ausgeführt, die direkt zugänglich sind. Es sollte darauf geachtet werden, daß die Messungen die Lagergehäuseschwingungen angemessen wiedergeben und nicht durch lokale Resonanzen oder Verstärkungen verfälscht werden. Die Meßorte und Meßrichtungen müssen so gewählt werden, daß sie die dynamischen Kräfte der Maschine mit ausreichender Empfindlichkeit widerspiegeln. Hierfür sind üblicherweise an jedem Lagerdeckel oder Lagerständer Messungen in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen auszuführen, wie in den Bildern 1 und 2 gezeigt. Die Schwingungsaufnehmer können in beliebigen Richtungen am Lagergehäuse oder Lagerständer montiert werden. Bei Maschinen mit horizontaler Wellenanordnung werden aber üblicherweise die horizontalen und vertikalen Richtungen bevorzugt. Bei Maschinen mit vertikaler oder geneigter Wellenanordnung muß ein Meßort so gewählt werden, daß sich der maximale Meßwert ergibt. In den meisten Fällen liegt dieser in Richtung größter Elastizität. In manchen Fällen kann es sich empfehlen, auch in axialer Richtung zu messen (siehe 5.1.3). Die verwendeten Meßorte und Meßrichtungen müssen im Meßprotokoll angegeben werden.

Ein einzelner Schwingungsaufnehmer anstelle des meistens verwendeten Paares rechtwinklig angeordneter Schwingungsaufnehmer darf an einem Lagerdeckel oder Lagerständer eingesetzt werden, wenn dieser nach Erfahrung ausreichende Information über die Größe der Maschinenschwingung liefert. Im allgemeinen sollte aber Vorsicht walten, wenn die von einem einzelnen Schwingungsaufnehmer in einer Meßebene erfaßten Schwingungen bewertet werden sollen, da dieser nicht so angeordnet sein kann, daß er den Maximalwert in dieser Ebene ausreichend annähert.

### 3.3 Kontinuierliche und intermittierende Schwingungsüberwachung

Es ist gängige Praxis, große oder kritische Maschinen mit fest installierten Einrichtungen auszurüsten, welche die Schwingungswerte an wesentlichen Meßorten kontinuierlich überwachen. Bei vielen Maschinen, vorwiegend bei solchen geringer Größe und Leistung, brauchen die Schwingungsparameter aber nicht ständig überwacht zu werden. Änderungen in der Unwucht, im Verhalten der Lager, in der Ausrichtung usw. lassen sich mit ausreichender Zuverlässigkeit auch feststellen, wenn nur periodisch mit fest installierten oder von Hand angehaltenen Geräten gemessen wird. Für Trendanalysen und zur Warnung vor Fehlfunktionen werden dabei immer häufiger Rechner eingesetzt.

### 3.4 Betriebsbedingungen

Die Messungen dürfen erst dann ausgeführt werden, wenn der Rotor und die Lager ihre übliche stationäre Betriebstemperatur erreicht haben. Dabei ist die Maschine unter den festgelegten Betriebsbedingungen zu betreiben, z. B. bei den Nennwerten für Drehzahl, Spannung, Durchfluß, Druck und Last.

Bei Maschinen mit variablen Drehzahlen oder Belastungen müssen Messungen bei allen Bedingungen ausgeführt wer-