

DIN ISO 20816-1

ICS 17.160

Ersatz für
DIN ISO 7919-1:1997-08,
DIN ISO 10816-1:1997-08 und
DIN ISO 10816-1/A1:2010-06

**Mechanische Schwingungen –
Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen –
Teil 1: Allgemeine Anleitungen (ISO 20816-1:2016)**

Mechanical vibration –
Measurement and evaluation of machine vibration –
Part 1: General guidelines (ISO 20816-1:2016)

Vibrations mécaniques –
Mesurage et évaluation des vibrations de machines –
Partie 1: Lignes directrices générales (ISO 20816-1:2016)

Gesamtumfang 43 Seiten

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

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Messungen.....	10
4.1 Allgemeines	10
4.1.1 Übersicht.....	10
4.1.2 Schwingungsmessungen	10
4.1.3 Frequenzbereich.....	10
4.2 Arten der Messung	10
4.2.1 Schwingungsmessung an nicht-rotierenden Bauteilen.....	10
4.2.2 Messung der relativen Wellenschwingung	10
4.2.3 Messung der absoluten Wellenschwingung.....	10
4.3 Messparameter.....	11
4.3.1 Messgrößen	11
4.3.2 Schwingungsgröße.....	12
4.3.3 Schwingstärke.....	12
4.4 Messorte.....	12
4.4.1 Orte für die Messung an nicht-rotierenden Bauteilen.....	12
4.4.2 Orte für die Messung an Wellen	15
4.5 Maschinenaufstellung bei Abnahmeprüfungen	17
4.5.1 Allgemeines	17
4.5.2 Prüfungen am Aufstellungsort.....	17
4.5.3 In einer Prüfanlage	18
4.6 Betriebsbedingungen der Maschine.....	18
4.7 Bewertung von Störschwingungen aus der Umgebung.....	18
5 Messgeräte	18
6 Bewertungskriterien.....	19
6.1 Allgemeines	19
6.1.1 Übersicht.....	19
6.1.2 Arten der Messung an Wellen	19
6.2 Faktoren, die die Bewertungskriterien beeinflussen	20
6.3 Arten von Bewertungskriterien.....	21
6.3.1 Allgemeines	21
6.3.2 Kriterium I: Schwingungsgröße bei Nenndrehzahl und stationären Betriebsbedingungen.....	21
6.3.3 Kriterium II: Änderung der Schwingungsgröße.....	25
6.4 Grenzwerte für den Betrieb.....	26
6.4.1 Allgemeines	26
6.4.2 Festlegung der ALARM-Grenze	26
6.4.3 Festlegung der ABSCHALT-Grenze	26

6.5	Weitere Gesichtspunkte.....	27
6.5.1	Schwingungsfrequenzen und Vektoren	27
6.5.2	Schwingungsempfindlichkeit der Maschine.....	27
6.5.3	Vorgehensweise bei Wälzlager.....	27
Anhang A (informativ)	Erläuterung der Messgrößen	28
Anhang B (informativ)	Verfahren zur Erkennung von Problemen an Wälzlager.....	35
Anhang C (informativ)	Anleitungen für die Festlegung von Bewertungskriterien für an nicht- rotierenden Teilen und an Wellen gemessene Schwingungen.....	37
Anhang D (informativ)	Vektorielle Analyse von Schwingungsänderungen	40
Literaturhinweise.....		42

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 20816-1:2016 ist 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“, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) geführt wird, unter deutscher Projektleitung erarbeitet worden. Die deutsche Mitarbeit erfolgte durch den Ausschuss NA 001-03-03 (NALS/VDI C 3) „Messung und Beurteilung von Maschinenschwingungen“ des DIN/VDI-Normenausschusses 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.

Zu den im Inhalt genannten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
ISO 5348	siehe	DIN ISO 5348
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
Normen der Reihe ISO 7919	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 7919
Normen der Reihe ISO 10816	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 10816
Normen der Reihe ISO 13373	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 13373
Normen der Reihe ISO 15242	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 15242
ISO/TR 19201	siehe	DIN ISO 10816 Beiblatt 1
Normen der Reihe ISO 20816	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 20816
Normen der Reihe ISO 21940	siehe	Normen der Reihe DIN ISO 21940
IEC 60034-14	siehe	DIN EN 60034-14 (VDE 0530-14)

Die Deutschen Normen sind im nationalen Anhang NA aufgeführt.

ISO 20816 mit dem Titel *Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration* besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: General guidelines* ¹⁾
- *Part 2: Land-based gas turbines, steam turbines and generators in excess of 40 MW, with fluid-film bearings and rated speeds of 1 500 r/min, 1 800 r/min, 3 000 r/min and 3 600 r/min* ²⁾
- *Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pump-storage plants* ³⁾

1) Überarbeitung und Zusammenfassung von ISO 7919-1:1996, ISO 10816-1:1995 und ISO 10816-1:1995/Amd.1:2009

2) Überarbeitung und Zusammenfassung von ISO 7919-2:2009 und ISO 10816-2:2009

3) Überarbeitung und Zusammenfassung von ISO 7919-5:2005 und ISO 10816-5:2000

Erläuterungen zu A.2.2.4

Es gilt grundsätzlich: $\max \{S_{A(p-p)}, S_{B(p-p)}\} \leq S_{(p-p)\max} \leq 2 S_{\max}$

Nach bisheriger Erfahrung liefert die Gleichung $\max \{S_{A(p-p)}, S_{B(p-p)}\} = 1,85 S_{\max}$ eine für die meisten Wellenbahnen geeignete Näherung, vor allem wenn diese keinen geschlossenen Verlauf haben.

$S_{\max}$ ist ein auf die Wellenbahn bezogener Maximalwert der Wellenschwingung. Er benötigt daher nicht die Kenntnis der zeitintegrierten Mittenposition der Wellenschwingung. $S_{\max}$ lässt sich heutzutage mit mikroprozessorbestückten Geräten problemlos allein aus den Wechselspannungsanteilen der Signale der Aufnehmer A und B ermitteln. Der zusätzlich berechnete Mittelwert (Mittenposition) dient zur Einstellung des Grundabstandes der Aufnehmer und der Überwachung der radialen Position der Welle im Hinblick auf Änderungen der Lagerbelastung, Fehlausrichtung und Anstreifen des Rotors.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 7919-1:1997-08, DIN ISO 10816-1:1997-08 und DIN ISO 10816-1/A1:2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung und Zusammenfassung von DIN ISO 7919-1:1997-08, DIN ISO 10816-1:1997-08 und DIN ISO 10816-1/A1:2010-06;
- b) typische Messpunkte am Maschinengehäuse revidiert;
- c) zitierte Normen aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 3945: 1982-02
 DIN ISO 7919-1: 1997-08
 DIN ISO 10816-1: 1997-08
 DIN ISO 10816-1/A1: 2010-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60034-14 (VDE 0530-14), *Drehende elektrische Maschinen — Teil 14: Mechanische Schwingungen von bestimmten Maschinen mit einer Achshöhe von 56 mm und höher – Messung, Bewertung und Grenzwerte der Schwingstärke*

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

DIN ISO 5348, *Mechanische Schwingungen und Stöße — Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DIN ISO 10816 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 (ISO/TR 19201)*

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

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

^{*)} Z. Z. Entwurf

DIN ISO 15242-1, *Wälzlager — Geräuschprüfung (Körperschallmessung) — Teil 1: Grundlagen*

DIN ISO 15242-2, *Wälzlager — Geräuschprüfung (Körperschallmessung) — Teil 2: Radial-Kugellager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche*

DIN ISO 15242-3, *Wälzlager — Geräuschprüfung (Körperschallmessung) — Teil 3: Radial-Pendelrollenlager und Radial-Kegelrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche*

DIN ISO 15242-4, *Wälzlager — Geräuschprüfung (Körperschallmessung) — Teil 4: Radial-Zylinderrollenlager mit zylindrischer Bohrung und zylindrischer Mantelfläche*

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

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

DIN ISO 21940-11, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 11: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit starrem Verhalten*

DIN ISO 21940-12, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 12: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit nachgiebigem Verhalten*

DIN ISO 21940-12 Beiblatt 1, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 12: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit nachgiebigem Verhalten — Beiblatt 1: Verfahren zum Auswuchten bei mehreren Drehzahlen*

DIN ISO 21940-13, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 13: Kriterien und Sicherheitshinweise für das Auswuchten von mittleren und großen Rotoren am Aufstellungsort*

DIN ISO 21940-14, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 14: Verfahren zur Ermittlung von Abweichungen beim Auswuchten*

DIN ISO 21940-21, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 21: Beschreibung und Bewertung von Auswuchtmaschinen*

DIN ISO 21940-23, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 23: Verkleidungen und andere Schutzmaßnahmen für die Messstation von Auswuchtmaschinen*

DIN ISO 21940-32, *Mechanische Schwingungen — Auswuchten von Rotoren — Teil 32: Behandlung von Passfederverbindungen*

*) Z. Z. Entwurf

Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anleitungen

Einleitung

Maschinen werden heute mit zunehmend höherer Drehzahl und Leistung, in flexiblerem Betrieb unter Teil- und Volllast sowie unter zunehmend härteren Bedingungen betrieben. Das ist zu einem großen Teil einer besseren Ausnutzung der Werkstoffe zu verdanken, obwohl sich dadurch gelegentlich geringerer Freiraum gegen Konstruktions- und Betriebsfehler ergibt.

Zur Zeit wird häufig erwartet und gefordert, dass Maschinen kontinuierlich für 2 Jahre oder 3 Jahre ohne Wartungsmaßnahmen betrieben werden. Um einen sicheren und zuverlässigen Dauerbetrieb sicherzustellen, werden folglich strengere Anforderungen an die Schwingungswerte beim Betrieb rotierender Maschinen gestellt.

Dieses Dokument ist eine Grundnorm, die allgemeine Anleitungen für die Messung und Bewertung mechanischer Schwingungen von Maschinen festlegt, wenn die Schwingungen an rotierenden und an nicht-rotierenden (und sofern zutreffend, an nicht-oszillierenden) Bauteilen von vollständigen Maschinen gemessen werden, wie etwa an Wellen oder Lagergehäusen. Empfehlungen für die Messung und Bewertungskriterien bei speziellen Maschinenarten werden in weiteren Teilen von ISO 20816 gegeben, sobald sie als Ersatz der entsprechenden Teile von ISO 7919 und ISO 10816 verfügbar sind. ISO/TR 19201 enthält einen Überblick über diese und weitere Normen zu Maschinenschwingungen.

Bei einigen Maschinen sind Messungen an nicht-rotierenden Bauteilen ausreichend, um ihre Laufgüte im Hinblick auf einen störungsfreien Betrieb zutreffend zu beschreiben. Es gibt aber auch Maschinenarten, wie Dampfturbinen, Gasturbinen und Turbokompressoren, bei denen mehrere Eigenformen im Betriebsdrehzahlbereich liegen können und bei denen Messungen an Gehäusebauteilen, wie z. B. Lagergehäusen, die Laufgüte der Maschine nicht unbedingt zutreffend beschreiben, auch wenn diese Messungen nützlich sind. Solche Maschinen haben im Allgemeinen Wellenstränge mit nachgiebigen Rotoren, und Änderungen des Schwingungszustands können mit größerer Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit durch Messungen an den rotierenden Teilen erkannt werden. Maschinen mit relativ steifem und/oder schwerem Gehäuse im Vergleich zur Rotormasse sind typisch für solche Maschinenklassen, bei denen häufig Wellenschwingungsmessungen bevorzugt werden.

Schwingungsmessungen werden zu verschiedenen Zwecken ausgeführt, die von der routinemäßigen Überwachung des Betriebszustands und von Abnahmeprüfungen über weitergehende experimentelle Prüfungen bis zu diagnostischen und analytischen Untersuchungen reichen. Diese verschiedenen Ziele einer Messung führen zu zahlreichen Unterschieden bei den Verfahren zur Interpretation und Bewertung. Um die Anzahl solcher Unterschiede zu begrenzen, ist dieses Dokument dafür konzipiert, Anleitungen hauptsächlich für die Betriebsüberwachung und Abnahmeprüfung zu geben.

Drei grundlegende Schwingungsgrößen sind definiert (Schwingweg, Schwinggeschwindigkeit und Schwingbeschleunigung) und ihre Grenzen genannt. Das Befolgen der vorliegenden Anleitungen sollte in den meisten Fällen einen zufriedenstellenden Betrieb sicherstellen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Bedingungen und Verfahren zur Messung und Bewertung von Schwingungen fest, wenn Messungen an rotierenden, nicht-rotierenden bzw. auch nicht-oszillierenden Bauteilen vollständiger Maschinen ausgeführt werden. Es gilt für die Messung sowohl der absoluten als auch der relativen radialen Wellenschwingungen im Hinblick auf die Überwachung des radialen Spiels, schließt aber Axialschwingungen von Wellen aus. Die allgemeinen Bewertungskriterien, die sowohl für die Größe der Schwingung als auch für eine Schwingungsänderung angegeben sind, gelten für die Betriebsüberwachung und für die Abnahmeprüfung. Diese Kriterien dienen hauptsächlich der Sicherstellung eines zuverlässigen, sicheren Langzeitbetriebs der Maschine, wobei gleichzeitig nachteilige Auswirkungen auf angeschlossene Komponenten minimiert werden. Zusätzlich werden Anleitungen gegeben, wie Grenzwerte für den Betrieb festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Bewertungskriterien für verschiedene Klassen von Maschinen werden in weiteren Teilen von ISO 20816 angegeben, sobald sie verfügbar sind. Bis dahin sind Anleitungen in Abschnitt 6 angegeben.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „Wellenschwingung“ wird in ISO 20816 durchgängig verwendet, da in den meisten Fällen an den Maschinenwellen gemessen wird. Die Normenreihe ISO 20816 gilt jedoch auch bei der Messung an anderen rotierenden Bauteilen, wenn diese Teile hierfür besser geeignet sind, vorausgesetzt, die Anleitungen werden eingehalten.

In ISO 20816 werden mit Betriebsüberwachung diejenigen Schwingungsmessungen bezeichnet, die beim üblichen Betrieb einer Maschine ausgeführt werden. Die Normenreihe ISO 20816 erlaubt die Verwendung verschiedener Messgrößen und -verfahren, vorausgesetzt, sie sind eindeutig festgelegt und ihre Grenzen beschrieben, sodass die Interpretation der Messwerte verständlich ist.

Die Bewertungskriterien gelten nur für diejenigen Schwingungen, die von der Maschine selbst erzeugt werden, und nicht für Schwingungen, die aus der Umgebung auf die Maschine übertragen werden.

Drehschwingungen werden in diesem Dokument nicht behandelt.

ANMERKUNG 3 Zu Drehschwingungen siehe z. B. ISO 3046-5, ISO 22266-1 oder VDI 2039.

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 2954, *Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery — Requirements for instruments for measuring vibration severity*

ISO 5348, *Mechanical vibration and shock — Mechanical mounting of accelerometers*

ISO 10817-1, *Rotating shaft vibration measuring systems — Part 1: Relative and absolute sensing of radial vibration*

3 Begriffe

Es werden keine Begriffe in diesem Dokument angegeben.

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

— IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: unter <http://www.iso.org/obp>

4 Messungen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Übersicht

Dieser Abschnitt beschreibt die Messungen, Vorgehensweisen und Betriebsbedingungen, die für die Beurteilung von Maschinenschwingungen empfohlen werden. Die gegebenen Anleitungen erlauben die Bewertung der Schwingungen nach den allgemeinen Kriterien und Grundsätzen des Abschnitts 6.

4.1.2 Schwingungsmessungen

Es ist übliche Praxis, die Schwingungen der nicht-rotierenden Bauteile oder die relative Wellenschwingung oder beides zu messen. Das Messverfahren für das Schutzsystem basiert üblicherweise auf der Erfahrung des Maschinenherstellers.

4.1.3 Frequenzbereich

Die Messung der Schwingungen muss breitbandig erfolgen, um das Frequenzspektrum der Maschine ausreichend zu erfassen.

Der Frequenzbereich hängt von der Art der betrachteten Maschine ab (z. B. sollte der zur Beurteilung des Zustands von Wälzlagern notwendige Frequenzbereich höhere Frequenzen enthalten als bei ausschließlich gleitgelagerten Maschinen).

Anhaltswerte für den Frequenzbereich der Messeinrichtung bei speziellen Klassen von Maschinen sind in den entsprechenden Teilen von ISO 20816 genannt.

ANMERKUNG 1 Früher waren breitbandige Messungen im Frequenzbereich von 10 Hz bis 1 000 Hz das vorgesehene Maß für die Abnahmeprüfung unter Volllast. Das erfüllt möglicherweise nicht die Anforderungen an ein Zustandsüberwachungssystem und muss unter Umständen für die Schwingungsüberwachung und -diagnose geändert werden.

ANMERKUNG 2 Die Schwingungszustandsüberwachung und -diagnose von Maschinen ist in ISO 13373 beschrieben.

Bei bestimmten Komponenten, z. B. Getriebe und Wälzlager, kann es sinnvoll sein, bei der Abnahmeprüfung einen anderen Frequenzbereich zu verwenden.

4.2 Arten der Messung

4.2.1 Schwingungsmessung an nicht-rotierenden Bauteilen

Schwingungsmessungen an nicht-rotierenden Bauteilen erfolgen im Allgemeinen mit einem seismischen Aufnehmer, der die absolute Schwinggeschwindigkeit oder Schwingbeschleunigung des Gehäusebauteils erfasst, an dem er befestigt ist (z. B. das Lagergehäuse).

4.2.2 Messung der relativen Wellenschwingung

Die Messung der Relativschwingungen der Welle erfolgt im Allgemeinen mit einem berührungslos wirkenden Aufnehmer, der den Schwingweg zwischen der Welle und einem Gehäusebauteil (Wellenausschlag) erfasst, an dem er befestigt ist (z. B. das Lagergehäuse).

4.2.3 Messung der absoluten Wellenschwingung

Die Messung der Absolutschwingungen der Welle erfolgt nach einem der beiden folgenden Verfahren:

- a) Auf der Welle gleitet ein Fühler mit einem darauf befestigten seismischen Aufnehmer (Schwinggeschwindigkeits- oder Beschleunigungsaufnehmer), der die absolute Wellenschwingung direkt misst;

- b) ein berührungslos wirkender Aufnehmer zur Messung der relativen Wellenschwingung und ein seismischer Aufnehmer (Schwinggeschwindigkeits- oder Beschleunigungsaufnehmer) zur Messung der Schwingungen der Stützstruktur werden kombiniert. Beide Aufnehmer müssen so dicht nebeneinander montiert sein, dass beide in Messrichtung derselben absoluten Schwingung ausgesetzt sind. Die verarbeiteten Ausgangssignale werden summiert, sodass sie einen Messwert der absoluten Wellenschwingungen liefern.

ANMERKUNG Um fehlerhafte Ergebnisse zu vermeiden, ist es wesentlich sicherzustellen, dass dieselbe Zeitbezugsmarke für die Ausgangssignale sowohl des seismischen als auch des berührungslos wirkenden Aufnehmers verwendet wird.

4.3 Messparameter

4.3.1 Messgrößen

Für die Anwendung dieses Dokuments können folgende Messgrößen verwendet werden:

- a) Schwingweg, gemessen in Mikrometer;
- b) Schwinggeschwindigkeit, gemessen in Millimeter je Sekunde;
- c) Schwingbeschleunigung, gemessen in Meter je Sekunde zum Quadrat.

Verwendung, Anwendungsbereich und Grenzen dieser Messgrößen sind in Abschnitt 6 erläutert.

Im Allgemeinen gibt es keine einfache Beziehung zwischen der breitbandig gemessenen Schwingbeschleunigung, der Schwinggeschwindigkeit und dem Schwingweg; Entsprechendes gilt für den Spitzenwert (Scheitelwert, Betragsmaximalwert, 0-p), den Spitze-Spitze-Wert (Schwingungsbreite, p-p), den Effektivwert (rms) und den Betragsmittelwert der Schwingung. Die Gründe hierfür sind in A.1 kurz erläutert, wo auch einige exakte Beziehungen zwischen den o. g. Größen angegeben sind, sofern die harmonischen Anteile der Schwingung bekannt sind.

Um Verwechslungen zu vermeiden und eine korrekte Interpretation sicherzustellen, ist es wichtig, dass die Messgröße und ihre Einheit stets genau angegeben werden, z. B. Spitze-Spitze-Wert des Schwingwegs in μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit in mm/s .

ANMERKUNG Schwingungen sind eine vektorielle Größe. Wenn zwei verschiedene Schwingungen miteinander verglichen werden, kann es daher notwendig sein, die Phasenwinkel der beiden zu berücksichtigen (siehe Anhang D).

Im Allgemeinen kann festgestellt werden, dass der Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit die bevorzugte Messgröße für Schwingungsmessungen an nicht-rotierenden Bauteilen ist, während der Spitze-Spitze-Wert des Schwingwegs die bevorzugte Messgröße für Wellenschwingungen ist.

Da dieses Dokument für die Messung sowohl der relativen als auch der absoluten Wellenschwingung gilt, wird der Schwingweg zusätzlich wie folgt definiert:

- der relative Schwingweg ist der Schwingweg zwischen der Welle und einer Stützstruktur (Wellenausschlag), wie etwa einem Lagergehäuse oder dem Maschinengehäuse;
- der absolute Schwingweg ist der Schwingweg der Welle, bezogen auf ein Inertialsystem.

Es sollte deutlich angegeben werden, ob Schwingwege relative oder absolute Werte sind.

Für den relativen und den absoluten Schwingweg sind weiterhin verschiedene Messgrößen definiert, die alle weit verbreitet sind. Hierzu gehören folgende:

$S_{\max}$ der maximale Schwingweg in der Messebene, vom zeitintegrierten Mittelwert aus gemessen, siehe Gleichung (A.10);

$S_{(p-p)}$ der Spitze-Spitze-Wert des Schwingwegs in der Messrichtung, definiert als
$$S_{(p-p)} = \max [S_{A(p-p)}, S_{B(p-p)}];$$

$S_{(p-p)\max}$ der maximale Spitze-Spitze-Wert des Schwingwegs in der Messebene.

Jede dieser Schwingweg-Messgrößen darf für Wellenschwingungsmessungen verwendet werden. Die Messgröße muss aber deutlich angegeben werden, um eine korrekte Interpretation der Messwerte entsprechend den Kriterien nach Abschnitt 6 sicherzustellen. Die Beziehungen zwischen diesen Messgrößen sind in Bild A.3 angegeben.

4.3.2 Schwingungsgröße

Das Ergebnis von Messungen mit einem Messgerät, das den Anforderungen nach Abschnitt 5 entspricht, wird Schwingungsgröße an dem speziellen Messort in der speziellen Messrichtung genannt.

Gestützt auf Erfahrung, ist es bei der Bewertung der breitbandig gemessenen Schwingungen rotierender Maschinen üblich, den Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit zu betrachten, da dieser in Bezug zur Schwingungsenergie gesetzt werden kann. Andere Größen, wie der Schwingweg oder die Schwingbeschleunigung, und auch Spitzenwerte anstelle von Effektivwerten dürfen jedoch bevorzugt werden. In diesem Fall sind andere Kriterien erforderlich, die nicht notwendigerweise in einer einfachen Beziehung zu den Kriterien stehen, die auf Effektivwerten basieren.

Bei Wellenschwingungsmessungen ist es üblich, Spitze-Spitze-Werte zu betrachten.

4.3.3 Schwingstärke

Üblicherweise werden Messungen an verschiedenen Messorten jeweils in einer, zwei oder drei Messrichtungen ausgeführt, womit sie einen Satz unterschiedlicher Werte für die Schwingungsgröße liefern. Die größte, breitbandig und unter vereinbarten Aufstellungs- und Betriebsbedingungen der Maschine gemessene Schwingungsgröße wird als Schwingstärke bezeichnet.

Bei den meisten Maschinenarten beschreibt ein einziger Wert der Schwingstärke den Schwingungszustand einer solchen Maschine. Bei manchen Maschinen kann diese Vorgehensweise jedoch falsch sein; die Schwingstärke sollte dann an den verschiedenen Messorten unabhängig voneinander beurteilt werden.

4.4 Messorte

4.4.1 Orte für die Messung an nicht-rotierenden Bauteilen

Messungen an nicht-rotierenden Bauteilen sollten an den Lagern, den Lagergehäusen oder solchen anderen Bauteilen ausgeführt werden, die auf diejenigen dynamischen Kräfte signifikant reagieren, die von den rotierenden Bauteilen auf die Lager übertragen werden, und den Gesamt-Schwingungszustand der Maschine widerspiegeln. Typische Messorte sind in Bild 1 bis Bild 5 angegeben.

Um an jedem Messort das Schwingungsverhalten zu erfassen, ist es notwendig, Messungen in drei zueinander senkrechten Richtungen auszuführen. Der volle Satz von Messungen, wie in Bild 1 bis Bild 5 gezeigt, ist im Allgemeinen nur bei Abnahmeprüfungen erforderlich.

Bei der Betriebsüberwachung reicht es im Allgemeinen aus, nur in einer oder den beiden radialen Richtungen zu messen (d. h. in der Regel in der Richtung horizontal-quer und/oder vertikal). Diese können durch Schwingungsmessungen in axialer Richtung ergänzt werden, die jedoch nur an Axiallagern zu bewerten sind. Die Letztgenannten können bei Axiallagern von Bedeutung sein, auf die axiale dynamische Kräfte direkt übertragen werden.

Detaillierte Empfehlungen für spezielle Maschinenarten sind in weiteren Teilen von ISO 20816 angegeben.

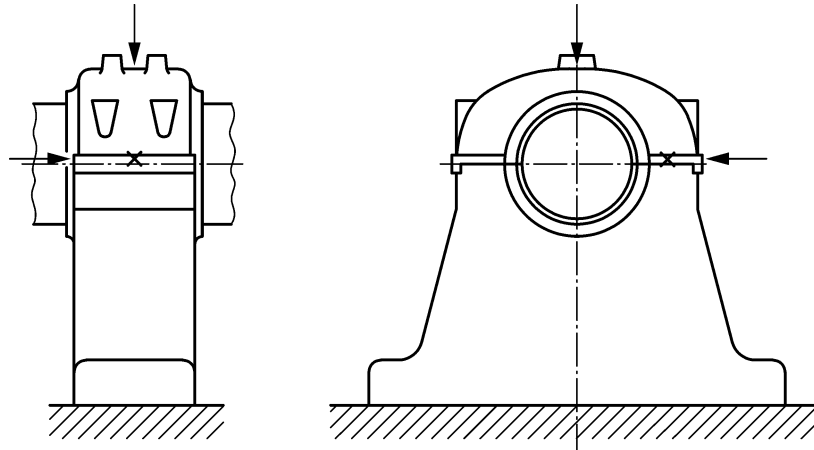


Bild 1 — Messorte an Lagerständern (Stehlager)

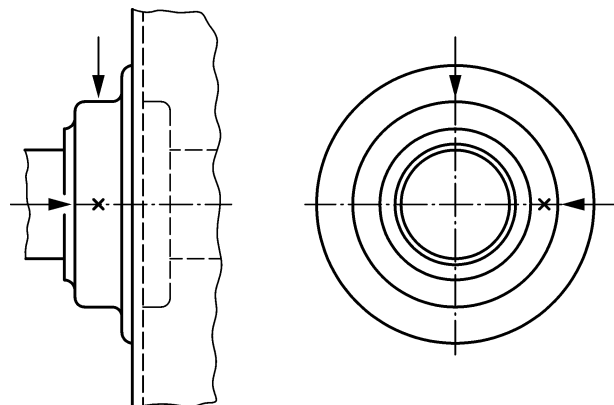


Bild 2 — Messorte an Lagergehäusen (Schildlager)

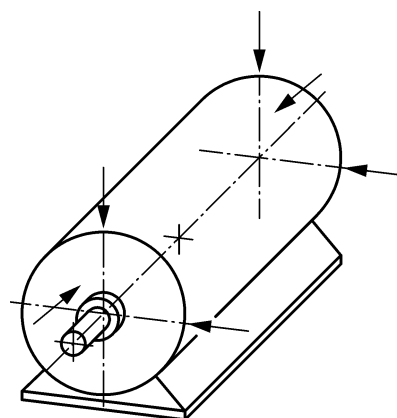


Bild 3 — Messorte an kleinen elektrischen Maschinen