

DIN ISO 20816-3



ICS 17.160

Entwurf

Einsprüche bis 2021-11-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 7919-3:2018-01 und
DIN ISO 10816-3:2018-01

**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 30000 min⁻¹
(ISO/DIS 20816-3:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Mechanical vibration –
Measurement and evaluation of machine vibration –
Part 3: Industrial machinery with a power rating above 15 kW and operating speeds
between 120 min⁻¹ and 30000 min⁻¹ (ISO/DIS 20816-3:2021);
Text in German and English

Vibrations mécaniques –
Mesurage et évaluation des vibrations de machines –
Partie 3: Machines industrielles d'une puissance supérieure à 15 kW et dont la vitesse de
fonctionnement est comprise entre 120 min⁻¹ et 30000 min⁻¹ (ISO/DIS 20816-3:2021);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-09-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nals@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 59 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Messverfahren	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Messpunkte	10
4.3 Messgeräte	14
4.4 Kontinuierliche und nicht kontinuierliche Überwachung	15
4.5 Betriebsbedingungen	15
4.6 Auswahl des Messverfahrens	16
5 Maschinenklassifizierung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Klassifizierung nach Maschinenart, Nennleistung oder Wellenhöhe	17
5.3 Klassifizierung nach Flexibilität der Stützkonstruktion	18
6 Bewertungskriterien	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Kriterium I: Schwingungsgröße	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Bewertungszonen	19
6.2.3 Abnahmekriterien	20
6.2.4 Grenzen der Bewertungszonen	20
6.3 Kriterium II: Änderung der Schwingungsgröße	20
6.4 Bewertung beim Betrieb unter Übergangbedingungen	21
6.5 Grenzwerte für den Betrieb	21
6.5.1 Allgemeines	21
6.5.2 Festlegung der ALARM-Grenzen	21
6.5.3 Festlegung der ABSCHALT-Grenzen	22
6.6 Zusätzliche Verfahren/Kriterien	22
6.7 Bewertung aufgrund von Änderungen der Schwingungsamplitude von festgelegten Frequenzbestandteilen und Schwingungsvektordinformationen	22
Anhang A (normativ) Anleitung für die Festlegung von Bewertungskriterien für an nicht rotierenden Bauteilen von gekoppelten Industriemaschinen gemessene Schwingungen unter festgelegten Betriebsbedingungen	24
Anhang B (normativ) Anleitung für die Festlegung von Bewertungskriterien für relative Wellenschwingungen von gekoppelten Industriemaschinen unter festgelegten Betriebsbedingungen	26
B.1 Allgemeines	26
B.2 Kriterium I: Schwingungsgröße bei Nenndrehzahl unter stationären Betriebsbedingungen	26
B.2.1 Allgemeines	26
B.2.2 Grenzen der Bewertungszonen	26
Anhang C (informativ) Anleitung für die Berücksichtigung des Lagerspiels bei der Festlegung von Bewertungskriterien für relative Wellenschwingungen von gekoppelten Industriemaschinen unter festgelegten Betriebsbedingungen	29
C.1 Allgemeines	29
Anhang D (informativ) Vorsichtshinweise zur Verwendung von Schwinggeschwindigkeitskriterien bei niedrigen Drehzahlen	30

Literaturhinweise	32
-----------------------------	----

Bilder

Bild 1 — Messpunkte an Lagerständern	11
Bild 2 — Messpunkte an Lagergehäusen	12
Bild 3 — Messpunkte an kleinen elektrischen Maschinen	12
Bild 4 — Messpunkte an vertikalen Maschinesätzen	13
Bild 5 — Messpunkte für die Messung an Wellen	14
Bild 6 — Anbringung der berührungslos wirkenden Aufnehmer für die Messung der relativen Wellenschwingung	14
Bild B.1 — Empfohlene Werte für den maximalen relativen Schwingweg in Abhängigkeit von der maximalen Betriebsdrehzahl bei gekoppelten Industriemaschinen	28
Bild D.1 — Änderung einer einmal je Minute auftretenden Schwingwegkomponente in Abhängigkeit von der Drehzahl bei einem konstanten Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit von 4,5 mm/s	31

Tabellen

Tabelle 1 — Leitfaden für die Höchstschwingstärke bei Hochlauf, Auslauf und Überdrehzahlen .	21
Tabelle A.1 — Klassifizierung von Schwingstärkezonen für Maschinen der Gruppe 1: große Maschinen mit einer Nennleistung über 300 kW; elektrische Maschinen mit einer Wellenhöhe $H \geq 315$ mm (siehe 5.2)	24
Tabelle A.2 — Klassifizierung von Schwingstärkezonen für Maschinen der Gruppe 2: mittelgroße Maschinen mit einer Nennleistung von über 15 kW bis einschließlich 300 kW; elektrische Maschinen mit einer Wellenhöhe $160 \text{ mm} \leq H < 315$ mm (siehe 5.2)	25

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 20816-3:2021, die vom Technischen Komitee ISO/TC 108 „Mechanical vibration, shock and condition monitoring“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von ANSI (Vereinigte Staaten) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 001-03-03 AA „Messung und Beurteilung von Maschinenschwingungen“ im DIN-Normenausschuss DIN/VDI-Normenausschuss Akustik, Lärm-minderung und Schwingungstechnik (NALS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 2954	siehe	DIN ISO 2954
ISO 10816-7	siehe	DIN ISO 10816-7
ISO 10816-21	siehe	DIN ISO 10816-21
ISO 10817-1	siehe	DIN ISO 10817-1
ISO 13373 (all parts)	siehe	DIN ISO 13373 (alle Teile)
ISO 18436-2	siehe	DIN ISO 18436-2
ISO 17359	siehe	DIN ISO 17359
ISO 20816-1	siehe	DIN ISO 20816-1
ISO 20816-2	siehe	DIN ISO 20816-2
ISO 20816-4	siehe	DIN ISO 20816-4
ISO 20816-5	siehe	DIN ISO 20816-5
ISO 20816-8	siehe	DIN ISO 20816-8
ISO 20816-9	siehe	DIN ISO 20816-9
IEC 60034-14	siehe	DIN EN IEC 60034-14

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

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 7919-3:2018-01 und DIN ISO 10816-3:2018-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt der Dokumente wurde zusammengeführt;
- b) Dokument wurde an die übrigen Teile der Normenreihe angepasst;
- c) Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

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

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

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 10816-21, *Mechanische Schwingungen — Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen — Teil 21: Windenergieanlagen mit horizontaler Drehachse und Getriebe*

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

DIN ISO 13373 (alle Teile), *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Schwingungs-Zustandsüberwachung*

DIN ISO 18436-2, *Zustandsüberwachung und -diagnostik von Maschinen — Anforderungen an die Qualifizierung und Bewertung von Personal — Teil 2: Schwingungszustandsüberwachung und -diagnostik*

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 1500 min⁻¹, 1800 min⁻¹, 3000 min⁻¹ und 3600 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 20816-5, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen 2014c Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpspeichieranlagen*

DIN ISO 20816-8, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 8: Hubkolbenkompressoren*

DIN ISO 20816-9, *Mechanische Schwingungen — Messung und Bewertung der Schwingungen von Maschinen — Teil 9: Getriebe*

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

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.

Diese erste Ausgabe von ISO 20816-3 ersetzt ISO 7919-3:2009, ISO 7919-3:2009/Amd 1:2017, ISO 10816-3:2009 und ISO 10816-3:2009/Amd 1:2017, die zusammengeführt und redaktionell überarbeitet wurden. Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 20816 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

ISO 20816-3 beschreibt die allgemeinen Anforderungen für die Bewertung der Schwingungen verschiedener Industriemaschinenarten mit einer Leistung über 15 kW und Betriebsdrehzahlen zwischen 120 min^{-1} und $30\,000 \text{ min}^{-1}$. Dieses Dokument enthält spezifischen Anleitungen für

- a) die Beurteilung der an Lagern, Lagerständern oder Gehäusen von Industriemaschinen gemessenen Schwingstärke, wobei die Messungen am Aufstellungsort durchgeführt werden, und
- b) die Beurteilung der Schwingstärke von radialen Wellenschwingungen an gekoppelten Industriemaschinen.

Auf früheren Erfahrungen basierende Bewertungskriterien sind als Leitfaden für die Beurteilung der Schwingungszustände solcher Maschinen angegeben. Es werden Kriterien für die Beurteilung von Maschinenschwingungen vorgegeben. Ein Kriterium betrifft die Größe der betrachteten Schwingung, das zweite betrifft Änderungen dieser Größe. Es muss aber bedacht werden, dass diese Kriterien nicht die einzige Grundlage für die Bewertung der Schwingstärke bilden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die allgemeinen Anforderungen für die Schwingungsbewertung von verschiedenen gekoppelten Industriemaschinen mit einer Leistung über 15 kW und Betriebsdrehzahlen zwischen 120 min^{-1} und $30\,000 \text{ min}^{-1}$ bei Messungen am Aufstellungsort. Es werden Anleitungen zur Anwendung von Bewertungskriterien für unter normalen Betriebsbedingungen durchgeführte Messungen an nicht rotierenden und rotierenden Bauteilen bereitgestellt. Die Anleitungen berücksichtigen sowohl Schwingungen unter stationären Bedingungen als auch Änderungen der Schwingungsamplitude, die bei diesen stationären Werten auftreten können. Die angegebenen Zahlenwerte sollen als Leitfaden auf Basis weltweiter Erfahrungen mit Maschinen dienen, aber bei ihrer Anwendung müssen spezifische Maschinenmerkmale beachtet werden, die dazu führen können, dass diese Werte nicht zutreffen. Im Allgemeinen wird der Zustand einer Maschine durch Betrachtung der Wellenschwingung und der entsprechenden Strukturschwingung sowie von spezifischen Frequenzkomponenten beurteilt, die möglicherweise nicht mit den Breitband-Schwingstärken in Zusammenhang stehen.

Zu den in diesem Dokument behandelten Maschinenarten gehören

- a) Dampfturbinen und Generatoren mit einer Ausgangsleistung von kleiner oder gleich 40 MW (siehe Anmerkung 1 und Anmerkung 2),
- b) Dampfturbinen und Generatoren mit einer Ausgangsleistung von über 40 MW, die üblicherweise bei anderen Drehzahlen als $1\,500 \text{ min}^{-1}$, $1\,800 \text{ min}^{-1}$, $3\,000 \text{ min}^{-1}$ oder $3\,600 \text{ min}^{-1}$ betrieben werden (auch wenn Generatoren selten in diese Kategorie fallen) (siehe Anmerkung 1 und Anmerkung 2),
- c) Rotationskompressoren (siehe Anmerkung 2),
- d) Industriegasturbinen mit einer Ausgangsleistung von kleiner oder gleich 3 MW (siehe Anmerkung 2 und Anmerkung 3),
- e) Mantelstromtriebwerke (siehe Anmerkung 2),
- f) Elektromotoren beliebiger Art (siehe Anmerkung 4),
- g) Walzen und Mühlen (siehe Anmerkung 5),
- h) Förderanlagen (siehe Anmerkung 5),
- i) Kopplungen mit variabler Drehzahl, und
- j) Gebläse oder Ventilatoren (siehe Anmerkung 6).

ANMERKUNG 1 Stationäre Dampfturbinen, Gasturbinen und Generatoren mit einer Leistung von über 40 MW, die mit $1\,500 \text{ min}^{-1}$, $1\,800 \text{ min}^{-1}$, $3\,000 \text{ min}^{-1}$ oder $3\,600 \text{ min}^{-1}$ laufen, werden durch die Anforderungen von ISO 20816-2 abgedeckt; Generatoren in Wasserkraftwerken werden von ISO 20816-5 abgedeckt.

ANMERKUNG 2 Der vorgeschlagene Teil 10 dieser Normenreihe wird entwickelt, um Hochgeschwindigkeits-Turbomaschinen abzudecken. Wenn er fertiggestellt ist, werden manche Maschinenarten vom Anwendungsbereich dieses Dokuments ausgeschlossen werden.

ANMERKUNG 3 Gasturbinen mit einer Leistung von über 3 MW werden von ISO 20816-4 abgedeckt.

ANMERKUNG 4 Wenn ein Motor an eine Maschine gekoppelt ist, die von einem anderen Teil von ISO 20816 abgedeckt ist, dann fällt der Motor bei flexibler Kopplung unter diesen Teil, aber bei starrer Kopplung unter die andere Norm.

ANMERKUNG 5 Maschinen mit einer Getriebestufe können in den Anwendungsbereich dieses Dokuments fallen. Allerdings müssen die Informationen über Getriebe – insbesondere die Bedingungen für die Durchführung von Abnahmeprü-

fungen und der Einfluss der Betriebsbedingungen (enthalten in ISO 20816-9) – bei der Bewertung der Getriebschwingungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 6 Die in diesem Dokument vorgestellten Schwingungskriterien gelten allgemein nur für Ventilatoren mit Nennleistungen über 300 kW oder Ventilatoren, die nicht flexibel gelagert sind. Sofern und sobald die Umstände es zulassen, werden Empfehlungen für andere Ventilatortypen, einschließlich Leichtbau-Blechkonstruktionen, erstellt. Bis diese Empfehlungen verfügbar sind, können Hersteller und Kunden Klassifizierungen basierend auf Ergebnissen früherer Betriebserfahrungen vereinbaren, siehe auch ISO 14694 [4].

Die folgenden Industriemaschinenarten werden in diesem Dokument nicht behandelt:

- k) stationäre Gasturbinen, Dampfturbinen und Generatoren mit einer Ausgangsleistung über 40 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 20816-2);
- l) Gasturbinensätze mit einer Ausgangsleistung über 3 MW (siehe ISO 20816-4);
- m) Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpspeichieranlagen (siehe ISO 20816-5);
- n) Hubkolbenmaschinen und Maschinen, die fest an Hubkolbenmaschinen gekoppelt sind (siehe ISO 20816-6);
- o) Kreiselpumpen und alle integrierten oder fest gekoppelten Elektromotoren, bei denen das Flügelrad direkt an der Motorwelle montiert oder starr an dieser angebracht ist (siehe ISO 10816-7);
- p) Hubkolbenkompressoren (siehe ISO 20816-8);
- q) rotierende Verdrängerkompressoren (z. B. Schraubenkompressoren);
- r) Tauchmotorpumpen;
- s) Windenenergieanlagen (siehe ISO 10816-21).

Die Anforderungen dieses Dokuments gelten für Schwingungen, die am Aufstellungsort an Wellen, Lagern, Lagerständern oder Gehäusen von Maschinen unter stationären Betriebsbedingungen und innerhalb des Nennbetriebsdrehzahlbereichs gemessen werden. Die Anforderungen gelten sowohl für Abnahmeprüfungen als auch für die Betriebsüberwachung. Die in diesem Dokument enthaltenen Bewertungskriterien können sowohl für die kontinuierliche als auch für die nicht kontinuierliche Überwachung angewendet werden.

Die Anforderungen dieses Dokuments gelten für Maschinen, die Getriebe oder Wälzlager enthalten, aber sie beschäftigen sich nicht mit der diagnostischen Bewertung des Zustands dieser Getriebe oder Lager. (Siehe ISO 20816-9).

Die Anforderungen dieser Norm gelten nur für diejenigen Schwingungen, die vom Maschinensatz selbst erzeugt werden, und nicht für Schwingungen, die von externen Quellen auf den Maschinensatz übertragen werden.

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 496, *Driving and driven machines — Shaft heights*

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

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

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

3 Begriffe

In diesem Dokument werden keine Begriffe aufgeführt.

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 Messverfahren

4.1 Allgemeines

Die zu befolgenden Messverfahren und die zu verwendenden Messgeräte sind wie in ISO 20816-1 festgelegt zu verwenden, wobei die Empfehlungen in diesem Abschnitt zu beachten sind.

Es muss hinreichend sichergestellt werden, dass das Messsystem nicht durch Umweltfaktoren wie die im Folgenden aufgeführten beeinflusst wird:

- a) Temperaturschwankungen;
- b) Magnetfelder, einschließlich Magnetisierung der Welle;
- c) Schallfelder;
- d) Schwankungen der Energieversorgung;
- e) Länge des Aufnehmerkabels (manche Modelle von Wellenschwingungs sonden erfordern abgestimmte Kabellängen);
- f) Schäden des Aufnehmerkabels; und
- g) Ausrichtung des Aufnehmers.

Besondere Aufmerksamkeit muss darauf verwendet werden, sicherzustellen, dass die Schwingungsaufnehmer ordnungsgemäß angekoppelt sind und dass die Genauigkeit der durchgeführten Messungen von den zur Befestigung eingesetzten Elementen nicht beeinträchtigt wird.

4.2 Messpunkte

Es ist übliche Praxis, die Schwingungen an nicht rotierenden Bauteilen, die Schwingungen an rotierenden Bauteilen (relative Wellenschwingung) oder beides zu messen. Sofern nicht anders angegeben, bezieht sich dieses Dokument auf die relative Wellenschwingung, wenn auf Schwingwegmessungen an rotierenden Bauteilen Bezug genommen wird. Für Messungen an rotierenden Bauteilen sind Messverfahren mit berührungslos wirkenden Aufnehmern am gebräuchlichsten und werden bevorzugt. Diese werden üblicherweise als rechtwinklig angeordnetes Paar angebracht, so dass eine Umlaufbahn dargestellt werden kann. Bei manchen Maschinen kann es sein, dass die Welle nicht direkt am Lager zugänglich ist. Es muss sichergestellt werden, dass die Messungen angemessen die Wellenschwingungen am Lager repräsentieren und keine Verstärkung durch lokale

Resonanzen der Halterung oder durch eine nicht homogene Wellenoberfläche enthalten. Siehe ISO 10817 zu weiteren Einzelheiten über Messgeräte für die radiale Schwingungsmessung an rotierenden Bauteilen.

An nicht rotierenden Bauteilen durchgeführte Messungen sind an den Lagern, dem Gehäuse der Lagerabstützung oder anderen Gehäusebauteilen durchzuführen, die signifikant auf die dynamischen Kräfte ansprechen, die von den rotierenden Elementen auf die Lagerpunkte übertragen werden und die für die Gesamtschwingungen der Maschine charakteristisch sind. Bei manchen Maschinen kann es sein, dass die Lagergehäuse nicht direkt zugänglich sind. In diesen Fällen muss sichergestellt werden, dass die Messungen angemessen die Schwingungen des Lagergehäuses repräsentieren und keine lokalen Resonanzen oder Verstärkungen enthalten. Es kann erforderlich sein, die Wiederholbarkeit und Gültigkeit solcher Messpunkte zu bestätigen, z. B. durch Messungen an mehreren Punkten und Vergleich der Ergebnisse.

Die Messpunkte und -richtungen von Schwingungsmessungen müssen so gewählt werden, dass sie eine angemessene Empfindlichkeit gegenüber den dynamischen Kräften der Maschine aufweisen. Dies erfordert typischerweise zwei rechtwinklig angeordnete, radiale Messpunkte je Lagerkappe oder -ständer. Die Aufnehmer dürfen in einer beliebigen Winkelposition an den Lagergehäusen oder -ständern angebracht werden. Bei horizontal montierten Maschinen werden üblicherweise die Vertikal- und Querrichtung bevorzugt. Bei vertikalen oder geneigten Maschinen und bei horizontal montierten Maschinen mit Wälzlager muss ein Messpunkt so gewählt werden, dass er die stärkste Schwingungsmessung liefert. In manchen Fällen kann es auch ratsam sein, in axialer Richtung zu messen (siehe 6.2.1). Die spezifischen Messpunkte und -richtungen müssen zusammen mit dem Messwert aufgezeichnet werden.

An einer Lagerkappe oder einem Lagerständer darf ein einzelner Aufnehmer anstelle des üblicherweise verwendeten Paares von rechtwinklig angeordneten Aufnehmern eingesetzt werden, sofern gesichert ist, dass dieser hinreichende Informationen über die Stärke der Maschinenschwingungen liefert. Allerdings ist bei der Bewertung von Schwingungen aufgrund eines einzelnen Aufnehmers in einer Messebene Vorsicht geboten, da dieser möglicherweise nicht so ausgerichtet ist, dass er einen angemessenen Näherungswert des Höchstwerts in dieser Ebene liefert.

In ISO 20816-1:2016 sind Bilder enthalten, die empfohlene Messpunkte für die Wellen- und die Gehäuse-schwingungen darstellen; diese sind hier der Einfachheit halber wiedergegeben.

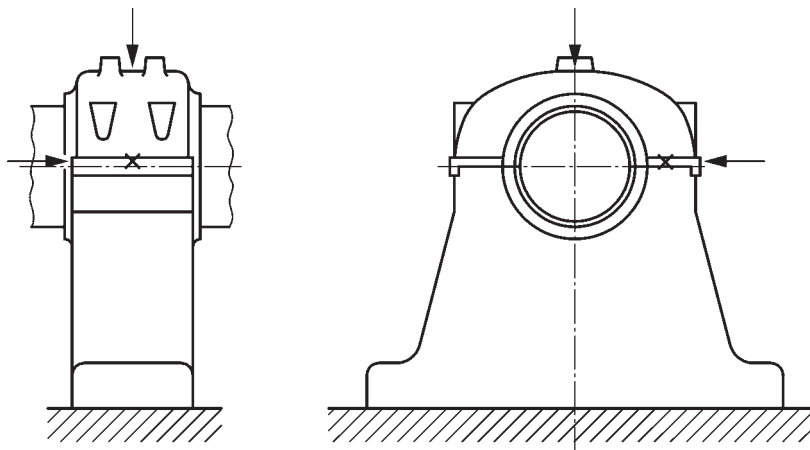


Bild 1 — Messpunkte an Lagerständern

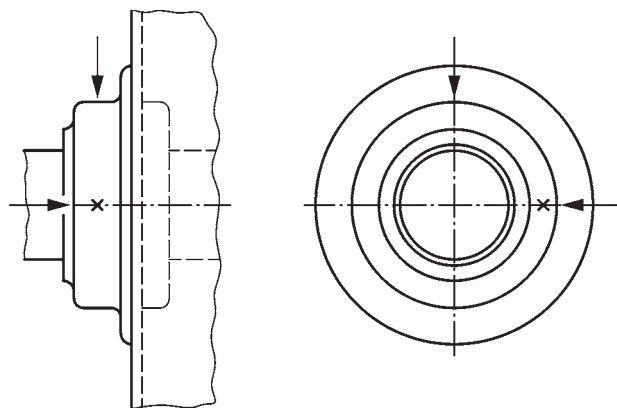


Bild 2 — Messpunkte an Lagergehäusen

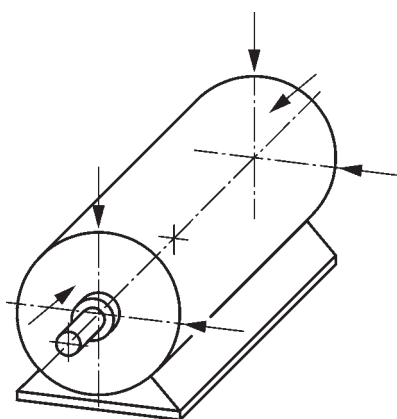


Bild 3 — Messpunkte an kleinen elektrischen Maschinen

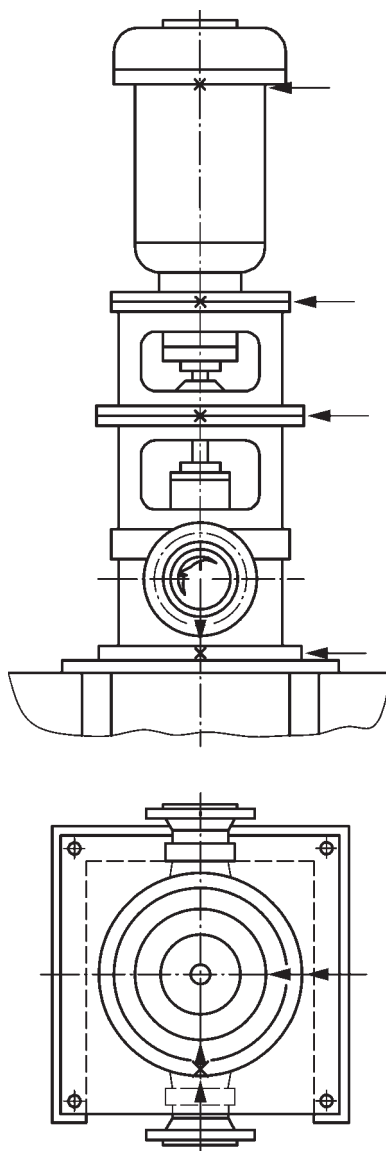
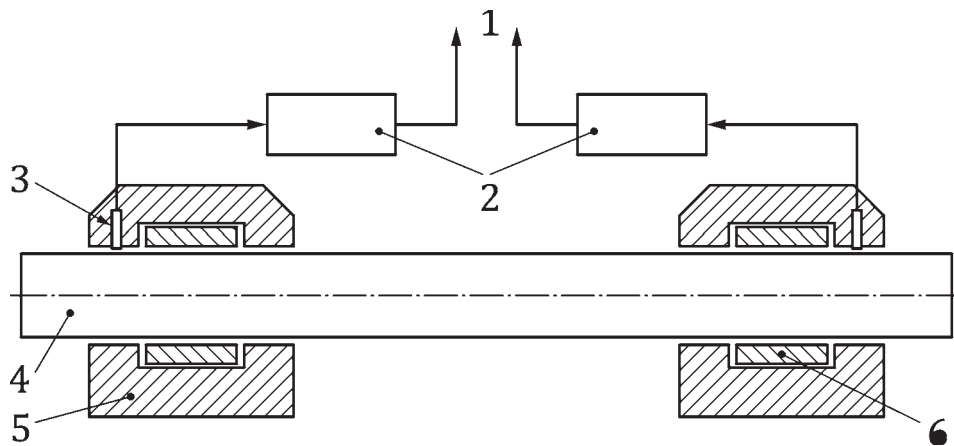


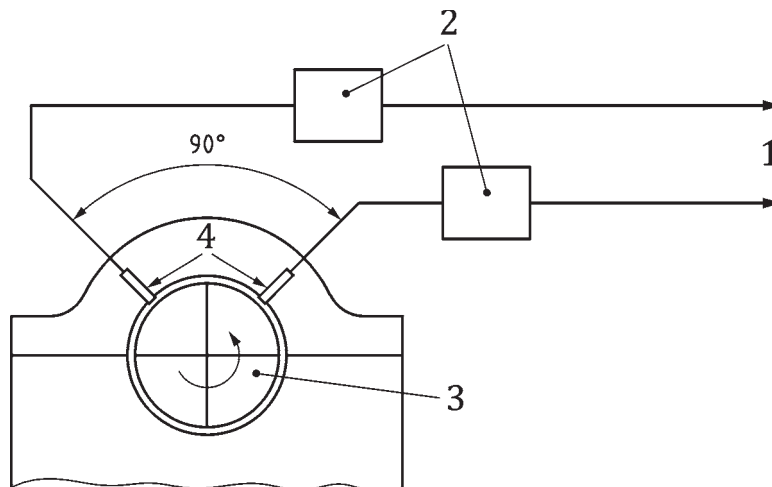
Bild 4 — Messpunkte an vertikalen Maschinesätzen



Legende

- 1 zur Signalanalyse
- 2 Signalverarbeitung
- 3 berührungslos wirkender Aufnehmer
- 4 Welle
- 5 Lagergehäuse
- 6 Lager

Bild 5 — Messpunkte für die Messung an Wellen



Legende

- 1 zur Signalanalyse
- 2 Signalverarbeitung
- 3 Welle
- 4 berührungslos wirkender Aufnehmer

Bild 6 — Anbringung der berührungslos wirkenden Aufnehmer für die Messung der relativen Wellenschwingung

4.3 Messgeräte

Zu Überwachungszwecken verwendete Messgeräte müssen in der Lage sein, den Effektivwert (RMS) von Breitbandschwingungen mit einem flachen Frequenzgang über einen Frequenzbereich von mindestens

10 Hz bis 1 000 Hz zu messen. Bei Maschinen mit Drehzahlen, die nahe oder unter 600 min^{-1} liegen, darf die Untergrenze des Bereichs mit gleichmäßiger Frequenzempfindlichkeit nicht größer als 2 Hz sein.

Bei Messungen an rotierenden Bauteilen müssen die verwendeten Geräte in der Lage sein, die Gesamtschwingungen mindestens bis zu einer Frequenz zu messen, die dem 3,5-Fachen der Höchstbetriebsdrehzahl entspricht. Die verwendeten Messgeräte müssen die Anforderungen von ISO 10817-1 erfüllen.

Bei an nicht rotierenden Bauteilen durchgeführten Messungen müssen die verwendeten Messgeräte die Anforderungen von ISO 2954 erfüllen. In Abhängigkeit von den Schwingungskriterien können Messungen des Schwingwegs, der Geschwindigkeit oder einer Kombination aus beiden erforderlich sein (siehe ISO 20816-1). Wenn (entsprechend der gängigen Praxis) Beschleunigungsaufnehmer an stationären Maschinenbauteilen angebracht werden, muss deren Ausgangssignal integriert werden, um ein Geschwindigkeitssignal zu liefern. Zur Erzeugung von Schwingwegsignalen darf die doppelte Integration der Beschleunigung verwendet werden, aber dabei ist aufgrund der möglichen Einführung hoher Rauschpegel Vorsicht geboten. Hochpassfilterung und/oder eine alternative digitale Berechnung des Schwingwegs können unter Umständen genauere Werte liefern.

Zu Diagnosezwecken sollte der lineare Frequenzbereich des Systems in der Regel Frequenzen vom 0,2-Fachen der niedrigsten Drehfrequenz bis zum 2,5-Fachen der höchsten relevanten Anregungsfrequenz abdecken (im Allgemeinen nicht über 10 kHz). Zu Einzelheiten siehe ISO 13373-1, ISO 13373-2 und ISO 13373-3.

4.4 Kontinuierliche und nicht kontinuierliche Überwachung

Bei großen oder kritischen Maschinen ist es üblich, zur Zustandsüberwachung und zum Schutz Messgeräte für die kontinuierliche Online-Überwachung von Schwingungswerten an Schlüssel-Messpunkten anzubringen. Solche Messgeräte können Eingangsdaten für das Steuersystems liefern.

Bei vielen Maschinen wird keine kontinuierliche Überwachung der Schwingungsparameter durchgeführt. Änderungen des Maschinenzustands (z. B. Unwucht, Lagerleistung, verringerte strukturelle Steifigkeit, Ausrichtung) können mit ausreichender Zuverlässigkeit durch periodische Messungen erkannt werden. Die Anleitungen in diesem Dokument können unter der Voraussetzung auf periodische Messungen angewendet werden, dass der Messpunkt, der Frequenzgang und die Montageanordnung mit den Anforderungen dieses Dokuments übereinstimmen.

Messgeräte zur Schwingungsmessung an rotierenden Bauteilen sind normalerweise dauerhaft montiert, aber in manchen Fällen wird ihr Ausgangssignal nur periodisch gemessen.

Schwingungsmessungen an nicht rotierenden Bauteilen können mit temporär angebrachten Aufnehmern durchgeführt werden; nicht zugängliche Maschinen können aber über dauerhaft eingebaute Schwingungsaufnehmer verfügen, die zu einer Zugangsstelle verdrahtet sind, oder es kann ein nicht kontinuierliches Aufzeichnungssystem eingebaut sein.

4.5 Betriebsbedingungen

Schwingungsmessungen müssen durchgeführt werden, nachdem der Rotor und die Lager ihre normalen Nennbetriebstemperaturen erreicht haben und bei festgelegten Betriebsbedingungen der Maschine, z. B. bei Nenn-drehzahl, -spannung, -durchfluss, -druck und -last.

Bei Maschinen mit wechselnden Drehzahlen oder Lasten müssen Schwingungsmessungen bei allen Zuständen durchgeführt werden, unter denen die Maschine erwartungsgemäß für längere Zeiträume läuft. Der höchste, unter diesen Bedingungen gemessene Wert muss als repräsentativ für die Schwingstärke angenommen werden.

Es ist nicht immer möglich, vor der Durchführung von Schwingungsmessungen die gewünschten Betriebsbedingungen abzuwarten. In diesen Fällen muss sichergestellt werden, dass die Einflüsse der Betriebsbedingungen bei der Beurteilung der Schwingstärke berücksichtigt werden. Betriebsbedingungen, die die Schwingungen beeinflussen können, sind unter anderem

- die Einschaltdauer der Maschine,
- die Prozesstemperatur,
- die Armaturenstellungen,
- der Durchfluss,
- die Umgebungstemperatur,
- die Flüssigkeitsstände, und
- und der Filterdifferenzdruck.

Falls die Betriebsbedingungen von Messung zu Messung variieren, sind diejenigen mit dem signifikantesten Einfluss auf die Maschine aufzuzeichnen. Für eine hohe Wiederholpräzision müssen die neu erfassten Messwerte mit vorher unter ähnlichen Bedingungen erfassten Messwerten verglichen werden.

Wenn die gemessenen Schwingungen größer sind als die zulässigen Abnahmekriterien und übermäßige Hintergrundschwingungen vermutet werden, müssen Messungen bei abgeschalteter Maschine durchgeführt werden, um das Ausmaß des externen Einflusses festzustellen. Es können Korrekturmaßnahmen erforderlich sein, um die Auswirkung der Hintergrundschwingungen zu verringern, falls die gemessene Schwingungsgröße bei stehender Maschine den kleineren der folgenden Werte unterschreitet:

- a) 25 % des bei laufender Maschine gemessenen Werts; oder
- b) 25 % des für die Maschinenart angemessenen Zonengrenzwerts B/C (siehe 6.2.2).

4.6 Auswahl des Messverfahrens

In diesem Dokument werden Anleitungen für die Messung an rotierenden und nicht rotierenden Bauteilen bereitgestellt. Die Auswahl des zu verwendenden Messverfahrens hängt von den Eigenschaften der zu messenden Maschine und den zu erkennenden Fehlern ab.

Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen, falls nur ein Verfahren verwendet werden soll:

a) Maschinendrehzahl:

an nicht rotierenden Bauteilen durchgeführte Messungen reagieren empfindlicher auf höhere Frequenzen als an rotierenden Bauteilen durchgeführte Messungen;

b) Lagertyp:

Wälzlager haben ein sehr kleines Spiel und übertragen Wellenschwingungen effektiv auf das Gehäuse. Daraus folgt, dass Messungen an nicht rotierenden Bauteilen in der Regel ausreichend sind. Gleitlager verfügen über eine hohe Dämpfung und großes Spiel, daher ist es oft sinnvoll, als zusätzlichen Parameter die Wellenschwingung zu messen;

c) Maschinenart:

bei Maschinen mit kleinem internem Spiel kann es erforderlich sein, zum Schutz die relative Wellenschwingung zu überwachen. Bei der Überwachung von Komponenten, die Vielfache der Rotordrehzahl erzeugen (z. B. Flügelräder, Zahnräder (einschließlich Zahnradpumpen), Rotorblätter, Rotorstangen) ist der höhere Frequenzbereich von Vorteil, der bei Messungen an nicht rotierenden Bauteilen verfügbar ist;

d) Verhältnis zwischen Wellenmasse und Ständermasse:

leichte Wellen in schweren Ständern übertragen kaum Schwingungen auf das Gehäuse, daher liefern Messungen der relativen Wellenschwingungen einen besseren Hinweis auf das Maschinenverhalten;

e) Flexibilität der Welle:

bei flexiblen Wellen liefern Messungen der relativen Wellenschwingungen einen besseren Wert;

f) Flexibilität der Stützkonstruktion:

flexible Stützkonstruktionen führen zu einer höheren Schwingungsantwort bei nicht rotierenden Bauteilen; und

g) Erfahrung:

wenn in Bezug auf ein spezielles Messverfahren ein großer Erfahrungsschatz vorhanden ist, ist es sinnvoll, dieses Messverfahren auch in ähnlichen Situationen einzusetzen.

Ausführlichere Informationen über die Auswahl des geeigneten Messverfahrens sind in ISO 13373-1 enthalten. Überlegungen in Bezug auf leichten Zugang, Langlebigkeit der Aufnehmer und Einbaukosten sind für die endgültige Entscheidung ebenfalls relevant (siehe ISO 17359).

5 Maschinenklassifizierung

5.1 Allgemeines

In diesem Dokument wird die Schwingstärke anhand der folgenden Parameter klassifiziert:

- a) Maschinenart;
- b) Nennleistung oder Wellenhöhe; und
- c) Flexibilität der Stützkonstruktion.

5.2 Klassifizierung nach Maschinenart, Nennleistung oder Wellenhöhe

Signifikante Unterschiede bei Konstruktion, Lagertyp und Stützkonstruktion machen eine Unterteilung in zwei verschiedene Maschinengruppen erforderlich, entweder in Bezug auf die Nennleistung oder auf die Wellenhöhe H (siehe Anmerkung 1 und Anmerkung 2).

Maschinen in diesen beiden Gruppen können über horizontale, vertikale oder geneigte Wellen verfügen und können an starren oder flexiblen Stützkonstruktionen angebracht sein.

Gruppe 1: große Maschinen mit einer Nennleistung von über 300 kW; elektrische Maschinen mit einer Wellenhöhe $H \geq 315$ mm.

Diese Maschinen haben üblicherweise Gleitlager. Der Bereich der Betriebs- oder Nenndrehzahlen ist relativ breit und reicht von 120 min^{-1} bis $30\,000 \text{ min}^{-1}$.

Gruppe 2: mittelgroße Maschinen mit einer Nennleistung von über 15 kW bis einschließlich 300 kW; elektrische Maschinen mit einer Wellenhöhe $160 \text{ mm} \leq H < 315$ mm.

Diese Maschinen haben üblicherweise Wälzlager und Betriebsdrehzahlen von über 600 min^{-1} .

ANMERKUNG 1 Die Wellenhöhe H einer Maschine ist nach ISO 496 definiert als der an der versandbereiten Maschine gemessene Abstand zwischen der Mittellinie der Welle und der Grundebene der Maschine.

ANMERKUNG 2 Die Wellenhöhe einer Maschine ohne Füße, einer Maschine mit erhöhten Füßen oder einer vertikalen Maschine ist als die Wellenhöhe einer Maschine mit dem gleichen Grundrahmen anzunehmen, aber mit horizontaler Wellenfußausführung. Falls der Rahmen nicht bekannt ist, muss der halbe Maschinendurchmesser verwendet werden.

5.3 Klassifizierung nach Flexibilität der Stützkonstruktion

Es werden zwei Zustände verwendet, um die Flexibilität der Stützbaugruppe in festgelegte Richtungen zu klassifizieren:

- a) starr;
- b) flexibel.

Diese Zustände der Stützkonstruktion werden durch das Verhältnis zwischen der Flexibilität der Maschine und des Fundaments bestimmt. Wenn die niedrigste Eigenfrequenz des kombinierten Maschinen- und Stützsystems in Messrichtung um mindestens 25 % höher ist als dessen Haupterregerfrequenz (dies ist in den meisten Fällen die Drehfrequenz), dann kann die Stützkonstruktion in diese Richtung als starr betrachtet werden. Alle anderen Stützkonstruktionen können als flexibel betrachtet werden.

Typische Beispiele sind große und mittelgroße Elektromotoren, meist mit niedrigen Drehzahlen, die üblicherweise über starre Stützkonstruktionen verfügen, während Turbogeneratoren oder Kompressoren mit einer Leistung über 10 MW und vertikale Maschinensätze üblicherweise flexible Stützkonstruktionen haben.

In manchen Fällen kann eine Stützbaugruppe in der einen Messrichtung starr und in der anderen Messrichtung flexibel sein. Beispielsweise kann die niedrigste Eigenfrequenz in der vertikalen Ebene deutlich über der Haupterregerfrequenz liegen, während die Eigenfrequenz der Horizontalebene erheblich darunter liegt. Ein solches System wäre in der Vertikalebene starr, aber in der Horizontalebene flexibel. In diesen Fällen müssen die Schwingungen entsprechend der Klassifizierung der Stützkonstruktion bewertet werden, die der Messrichtung entspricht.

Falls die Klasse der Maschinenstützkonstruktion nicht leicht aufgrund von Zeichnungen und Berechnungen bestimmt werden kann, dann darf die Bestimmung durch Prüfung erfolgen.

6 Bewertungskriterien

6.1 Allgemeines

ISO 20816-1 enthält eine allgemeine Beschreibung der beiden Bewertungskriterien, die zur Beurteilung der Schwingstärke bei verschiedenen Industriemaschinenklassen verwendet werden. Das erste Kriterium befasst sich mit der Größe der betrachteten Breitbandschwingung, das zweite befasst sich mit Änderungen (sowohl Zu- als auch Abnahmen) in der Größe der beobachteten Breitbandschwingung.

Bei vielen Industriemaschinen wird der an nicht rotierenden Bauteilen gemessene Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit als Basis für die Beurteilung der Schwingstärke verwendet, da hier der Zugang für Messungen einfach möglich ist. Allerdings ist es bei manchen Maschinen auch sinnvoll, den Spitze-Spitze-Wert der relative Wellenschwingungen zu messen, und falls diese Werte verfügbar sind, müssen sie ebenfalls für die Beurteilung der Schwingstärke herangezogen werden.

6.2 Kriterium I: Schwingungsgröße

6.2.1 Allgemeines

Bei Messungen an rotierenden Bauteilen ist die Schwingstärke der höhere der beiden Spitze-Spitze-Werte des Breitband-Schwingwegs, die in den gewählten, rechtwinklig angeordneten Messrichtungen gemessen wurden.

Bei Messungen an nicht rotierenden Bauteilen ist die Schwingstärke der höchste Effektivwert der an oder neben einem Lager gemessenen Breitbandgeschwindigkeit.