

Deutsche Übersetzung

Mechanische Schwingungen von Maschinen mit Ausnahme von Kolbenmaschinen Messung und Bewertung von Wellenschwingungen Teil 1: Allgemeine Anleitungen

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 Mitgliedskörperschaft, 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 Gebieten elektrotechnischer Normung zusammen.

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

Die Internationale Norm ISO 7919-1 ist vom Technischen Komitee ISO/TC 108 "Mechanical vibration and shock", Unterkomitee SC 2 "Measurement and evaluation of mechanical vibration and shock as applied to machines, vehicles and structures" erarbeitet worden.

Diese zweite Ausgabe von ISO 7919-1 ersetzt die erste Ausgabe ISO 7919-1 : 1986, die inhaltlich überarbeitet wurde.

ISO 7919 besteht aus den folgenden Teilen, die alle die gemeinsame Überschrift "Mechanische Schwingungen von Maschinen mit Ausnahme von Kolbenmaschinen – Messung und Bewertung von Wellenschwingungen" tragen:

- Teil 1: Allgemeine Anleitungen
- Teil 2: Große stationäre Dampfturbinen-Generatorsätze
- Teil 3: Gekuppelte industrielle Maschinen
- Teil 4: Gasturbinensätze
- Teil 5: Maschinensätze in Wasserkraft- und Pumpenanlagen

Anhang A dieses Teils von ISO 7919 ist normativ. Die Anhänge B, C, D und E dienen nur der Information.

Einleitung

Maschinen werden heute mit zunehmend höheren Drehzahlen und Leistungen sowie unter zunehmend schwereren Bedingungen betrieben. Das ist zu einem großen Teil einer besseren Ausnutzung des Materials zu verdanken, obwohl sich damit gelegentlich geringere Sicherheitsabstände gegen Konstruktions- und Betriebsfehler ergeben.

Zur Zeit wird häufig erwartet und gefordert, daß Maschinen kontinuierlich für 2 bis 3 Jahre ohne Wartungsmaßnahmen betrieben werden können. Um für solche Zeiträume einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu erreichen, werden erhöhte Anforderungen an die Schwingungsarmut rotierender Maschinen gestellt.

ISO 10816-1 legt die Grundlagen für die Bewertung mechanischer Schwingungen von Maschinen fest, wenn das Schwingungsverhalten nur an nicht-rotierenden Konstruktionsteilen gemessen wird. Es gibt aber viele Typen von Maschinen, bei denen Messungen an solchen Konstruktionsteilen, wie z. B. an Lagergehäusen, nicht ausreichen, um den Schwingungszustand der Maschinen hinreichend zu beschreiben, auch wenn diese Messungen nützlich sind. Solche Maschinen besitzen im allgemeinen elastische Rotoren, bei denen Änderungen im Schwingungszustand durch Messungen an rotierenden Teilen mit größerer Zuverlässigkeit und Empfindlichkeit erkannt werden können. Maschinen mit relativ steifen und/oder schwerem Gehäuse im Vergleich zur Rotormasse sind typisch für jene Klassen von Maschinen, bei denen häufig Wellenschwingungsmessungen bevorzugt werden.

Bei Maschinen, wie Dampfturbinen, Gasturbinen und Turbokompressoren, bei denen mehrere Eigenformen im Betriebsdrehzahlbereich liegen, reicht es nicht aus, Messungen nur an den nicht-rotierenden Teilen auszuführen. Es kann hier notwendig sein, zur Betriebsüberwachung sowohl an rotierenden als auch an feststehenden Teilen oder auch allein an den rotierenden Teilen zu messen.

Die Anleitungen in diesem Teil von ISO 7919 werden ergänzt durch die in ISO 10816-1 genannten. Wenn die Verfahren beider Normen Anwendung finden, ist grundsätzlich dasjenige verbindlich, welches die strengerer Maßstäbe liefert.

Wellenschwingungsmessungen werden zu verschiedenen Zwecken ausgeführt. Sie reichen von der routinemäßigen Überwachung des Betriebszustands und von Abnahmemessungen über Versuche zur Weiterentwicklung bis zu diagnostischen und analytischen Forschungsvorhaben. Diese verschiedenen Meßaufgaben führen zu unterschiedlichen Verfahren bei der Deutung und Bewertung. Um diese Unterschiede zu verringern, ist dieser Teil von ISO 7919 dazu bestimmt, vorzugsweise Anleitungen für die Betriebsüberwachung und für Abnahmemessungen zu geben.

Während der Bearbeitung dieses Teils von ISO 7919 wurde erkannt, daß quantitative Kriterien für die Bewertung von Wellenschwingungen erarbeitet werden müssen. Zur Zeit besteht aber noch ein erheblicher Mangel an geeigneten Daten. Dieser Teil von ISO 7919 wurde daher so strukturiert, daß Daten hinzugefügt werden können, wenn sie verfügbar sind. Spezielle Kriterien für verschiedene Arten und Typen von Maschinen werden in Folgeteilen von ISO 7919 genannt, wenn diese erarbeitet worden sind.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 7919 gibt allgemeine Anleitungen für die Messung und Bewertung von Maschinenschwingungen, wenn Messungen direkt an rotierenden Wellen ausgeführt werden mit dem Ziel, die Wellenschwingungen zu ermitteln im Hinblick auf

- a) Änderungen im Schwingungsverhalten;
- b) ungewöhnlich große dynamische Belastungen;
- c) die Überwachung radialer Spiele.

Er ist anwendbar bei Messung sowohl der absoluten als auch der relativen radialen Wellenschwingungen, aber schließt Drehschwingungen und Axialschwingungen von Wellen aus. Die beschriebenen Verfahren sind anwendbar für die Betriebsüberwachung und für Abnahmemessungen in einem Prüffeld oder nach der Montage. Zusätzlich werden Anleitungen gegeben, wie Grenzwerte für den Betrieb festzulegen sind.

ANMERKUNG 1: Bewertungsmaßstäbe für verschiedene Maschinenarten werden in weiteren Teilen von ISO 7919 genannt, wenn sie verfügbar werden. Bis dahin werden Anleitungen in Anhang A gegeben.

ANMERKUNG 2: Der Begriff "Wellenschwingung" wird überall in ISO 7919 verwendet, da in den meisten Fällen an den Wellen von Maschinen gemessen wird. ISO 7919 ist aber auch bei Messungen an anderen rotierenden Maschinenteilen anwendbar, wenn diese Teile hierfür besser geeignet sind; allerdings müssen die Anleitungen beachtet werden.

In ISO 7919 werden mit Betriebsüberwachung Schwingungsmessungen bezeichnet, welche während des üblichen Betriebs einer Maschine ausgeführt werden. ISO 7919 erlaubt die Verwendung verschiedener unterschiedlicher Meßgrößen und Meßverfahren, vorausgesetzt sie sind gut erklärt und ihre Grenzen beschrieben, damit die Deutung von Meßergebnissen verstanden werden kann.

Dieser Teil von ISO 7919 ist nicht auf Kolbenmaschinen anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil des vorliegenden Teils von ISO 7919 sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil von ISO 7919 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 10816-1 : 1995

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

3 Messungen

3.1 Meßgrößen

3.1.1 Schwingweg

Die bevorzugte Meßgröße bei der Messung von Wellenschwingungen ist der Schwingweg mit der Maßeinheit Mikrometer ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$).

ANMERKUNG 3: Der Schwingweg ist eine Vektorgröße. Wenn zwei Schwingwege miteinander verglichen werden, ist es daher notwendig, die Phasenwinkel der beiden zu berücksichtigen (siehe auch Anhang D).

Da dieser Teil von ISO 7919 auf relative und absolute Wellenschwingungsmessungen anwendbar ist, wird der Schwingweg zusätzlich wie folgt definiert:

- a) der relative Schwingweg ist der Schwingweg zwischen der Welle und einem benachbarten Bauteil, wie einem Lagergehäuse oder einem Maschinengehäuse;
- b) der absolute Schwingweg ist der Schwingweg der Welle, bezogen auf ein Inertialsystem.

ANMERKUNG 4: Es sollte deutlich angegeben werden, ob Schwingwege relative oder absolute Werte sind.

Der absolute und der relative Schwingweg werden weiterhin in verschiedenen Meßgrößen angegeben, die alle weit verbreitet sind. Hierzu gehören

$S_{(p-p)}$ die Schwingungsbreite des Schwingweges in der Meßrichtung ¹⁾

S_{max} der maximale Schwingweg in der Meßebeane.

Jede dieser Schwingweg-Meßgrößen darf für Wellenschwingungsmessungen verwendet werden ²⁾. Die Meßgröße muß aber deutlich angegeben werden, um eine korrekte Interpretation der Meßergebnisse entsprechend den Angaben in Abschnitt 5 sicherzustellen. Die Beziehungen zwischen diesen Meßgrößen werden in den Bildern B.1 und B.2 erläutert.

ANMERKUNG 5: Zur Zeit wird die größere der beiden Schwingungsbreiten des Schwingweges zur Bewertung benutzt, wenn Messungen in zwei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen ausgeführt worden sind. In Zukunft könnte die in Bild B.2 definierte Größe $S_{(p-p)\text{max}}$ bevorzugt werden, wenn damit ausreichend Erfahrungen gesammelt worden sind.

3.1.2 Frequenzbereich

Die relative oder absolute Wellenschwingung muß breitbandig gemessen werden, damit das Frequenzspektrum der Maschine ausreichend erfaßt wird.

3.2 Arten der Messung

3.2.1 Messung der Relativschwingungen

Die Messung der Relativschwingungen erfolgt im allgemeinen mit einem berührungslos arbeitenden Aufnehmer, welcher den Schwingweg zwischen der Welle und einem Bauteil der Maschine (z. B. dem Lagergehäuse) erfaßt.

3.2.2 Messung der Absolutschwingungen

Die Messung der Absolutschwingungen erfolgt nach einem der beiden im folgenden beschriebenen Verfahren:

- a) Auf der Welle gleitet ein Fühler mit einem darauf befestigten seismischen Aufnehmer (Schwinggeschwindigkeits- oder Beschleunigungsaufnehmer), welcher direkt die absolute Wellenschwingung mißt; oder
- b) ein berührungslos arbeitender Aufnehmer zur Messung der relativen Wellenschwingungen und ein seismischer Aufnehmer (Schwinggeschwindigkeits- oder Beschleunigungsaufnehmer) zur Messung der Schwingungen der Befestigungsvorrichtung werden kombiniert. Beide Aufnehmer müssen so dicht nebeneinander montiert sein, daß beide in Meßrichtung derselben absoluten Schwingung ausgesetzt sind. Die verarbeiteten Ausgangssignale werden vektoriell summiert und ergeben damit die absolute Wellenschwingung.

¹⁾ Nationale Fußnote: Im weiteren Text wird anstelle von "Schwingungsbreite" der Begriff "Spitze-Spitze-Wert" verwendet. Damit ergibt sich eine bessere Übereinstimmung mit der ISO-Norm und ein Bezug auf den eingeführten Index p-p.

²⁾ Nationale Fußnote: In Deutschland wird S_{max} als Meßgröße bevorzugt.

3.3 Meßverfahren

3.3.1 Allgemeines

Es ist erwünscht, Aufnehmer an solchen Positionen zu montieren, an denen die radialen Bewegungen der Welle an wichtigen Stellen beurteilt werden können. Es wird empfohlen, für relative und absolute Messungen jeweils zwei Aufnehmer an oder neben jedem Lager der Maschine anzubringen. Sie sollten radial in derselben Querebene montiert werden, rechtwinklig zur Wellenachse oder so nahe wie möglich dazu, mit Abweichungen von der Radialrichtung von nicht mehr als $\pm 5^\circ$. Vorzugsweise sollten beide Aufnehmer im Winkelabstand von $90^\circ \pm 5^\circ$ an derselben Lagerhälfte montiert werden, und die Montageposition sollte an allen Lagern gleich sein.

Ein einzelner Aufnehmer anstelle des üblicherweise verwendeten Paares von rechtwinklig angeordneten Aufnehmern darf in jeder Meßebeane eingesetzt werden, wenn dieser hinreichende Informationen über die Wellenschwingung liefert.

Es wird empfohlen, spezielle Messungen auszuführen, um den gesamten, nicht von Schwingungen erzeugten Run-out³⁾ zu bestimmen. Er wird durch metallurgische Inhomogenitäten in der Wellenoberfläche, durch örtlichen Restmagnetismus und durch die mechanische Unrundheit der Welle erzeugt. Es sollte beachtet werden, daß die Schwerkraft bei asymmetrischen Rotoren falsche Run-out-Signale erzeugen kann.

Empfehlungen für die Meßeinrichtungen werden in Anhang C gegeben.

3.3.2 Meßverfahren für relative Schwingungen

Berührungslos arbeitende Relativaufnehmer werden im allgemeinen in Gewindelöcher eingeschraubt, die in die Lagergehäuse gebohrt sind, oder in stabilen Konsolen an den Lagergehäusen montiert. Wenn Aufnehmer innerhalb der Lager montiert werden, sollten sie so angeordnet werden, daß sie den Schmierkeil nicht ungünstig beeinflussen. Es können jedoch auch spezielle Anordnungen für die Montage der Aufnehmer an anderen axialen Positionen getroffen werden, allerdings sind dann abweichende Beurteilungskriterien anzuwenden. Bei der Montage an Konsolen ist darauf zu achten, daß diese keine Eigenschwingungen ausführen, welche die Messung der relativen Wellenschwingungen ungünstig beeinflussen.

Die Wellenoberfläche muß im Bereich der Wellenschwingungsaufnehmer besonders bearbeitet und frei sein von allem, was Meßabweichungen verursachen könnte, wie geometrische Unebenheiten, Paßfedernuten, Schmiernuten oder Gewindebohrungen, metallurgische Inhomogenitäten und örtlicher Restmagnetismus. Dabei ist der Größtwert der axialen Verschiebung der Welle infolge aller Erwärmungsbedingungen zu berücksichtigen. Unter bestimmten Bedingungen kann eine plattierte oder metallisierte Wellenoberfläche akzeptiert werden, es sollte dann aber beachtet werden, daß sich damit eventuell die Kalibrierung ändert⁴⁾. Es wird empfohlen, daß der gesamte vom Aufnehmer gemessene elektrische und mechanische Run-out nicht größer ist als entweder 25 % der nach den Angaben in Anhang A festgelegten zulässigen Wellenschwingung oder $6 \mu\text{m}$, wobei der größere der beiden Werte gültig ist. Wenn Messungen an Maschinen auszuführen sind, die sich bereits im Betrieb befinden und bei denen keine Vorbereitungen für Wellenschwingungsmessungen getroffen werden konnten, kann es notwendig werden, andere Run-out-Maßstäbe anzuwenden.

3.3.3 Meßverfahren für absolute Schwingungen unter Verwendung der Kombination eines seismischen und eines berührungslos arbeitenden Relativaufnehmers

Es werden ein seismischer und ein berührungslos arbeitender Relativaufnehmer kombiniert, wobei sich die absolute Schwingung aus der Vektorsumme der Ausgangssignale

beider Aufnehmer ergibt. Zur Montage und zu den anderen Anforderungen an den berührungslos arbeitenden Aufnehmer finden sich Angaben in 3.3.2. Weiterhin ist es notwendig, daß der seismische Aufnehmer neben dem berührungslos arbeitenden Aufnehmer starr an der Maschine (z. B. dem Lagergehäuse) befestigt wird, so daß beide in Meßrichtung derselben absoluten Schwingung des Maschinenbauteils ausgesetzt sind. Die Meßrichtung des berührungslos arbeitenden und des seismischen Aufnehmers müssen parallel sein, damit ihre vektoriell summierten, verarbeiteten Ausgangssignale ein genaues Maß für die absolute Wellenschwingung sind.

3.3.4 Meßverfahren für absolute Schwingungen unter Verwendung einer auf der Welle gleitenden Vorrichtung und eines seismischen Aufnehmers

Der seismische Aufnehmer (Schwinggeschwindigkeits- oder Beschleunigungsaufnehmer) muß radial auf dem Teil der Vorrichtung befestigt werden, der auf der Welle gleitet. Die Vorrichtung darf nicht in einer Art und Weise rattern oder klemmen, welche die zu messende Wellenbewegung beeinflusst. Die Vorrichtung muß so befestigt werden, wie es in 3.3.1 für Aufnehmer angegeben ist.

Die Wellenoberfläche muß im Gleitbereich des Gleitschuhs besonders bearbeitet und frei sein von Wellenunebenheiten wie Paßfedernuten oder Gewindebohrungen. Dabei ist der Größtwert der axialen Verschiebung der Welle infolge aller Erwärmungsbedingungen zu berücksichtigen. Es wird empfohlen, daß der gesamte mechanische Run-out der Welle nicht größer ist als entweder 25 % der nach den Angaben in Anhang A festgelegten zulässigen Wellenschwingung oder $6 \mu\text{m}$, wobei der größere der beiden Werte gültig ist.

Es kann Umfangsgeschwindigkeiten und/oder andere Grenzen für den Gleitvorgang geben, wie die Ausbildung eines hydrodynamischen Ölfilms unterhalb des Gleitschuhs, welche zu Meßabweichungen führen. Der Hersteller der Vorrichtung sollte daher nach möglichen Grenzwerten befragt werden.

3.4 Betriebsbedingungen der Maschine

Wellenschwingungsmessungen sollten unter vereinbarten Bedingungen innerhalb des Betriebsbereichs der Maschine ausgeführt werden. Die Messungen sollten stattfinden, wenn die vereinbarten thermischen und betrieblichen Bedingungen erreicht sind. Zusätzlich dürfen Messungen auch unter anderen Bedingungen ausgeführt werden, wie z. B. beim langsamen Drehen, beim Anwärm-Betrieb, beim Betrieb in einer Resonanzdrehzahl. Die Ergebnisse solcher Messungen könnten aber nicht geeignet sein, Beurteilungen nach Abschnitt 5 zu erlauben.

3.5 Maschinenfundament und Maschinenaufbau

Die Art des Maschinenfundamentes und des Maschinenaufbaus (z. B. Rohrleitungen) können die gemessenen Schwingungen sehr wesentlich beeinflussen. Ein zuverlässiger Vergleich der Schwingungswerte von Maschinen gleichen Typs ist grundsätzlich nur durchführbar, wenn die Fundamente und die Aufbauten gleiche dynamische Eigenschaften besitzen.

³⁾ Nationale Fußnote: Run-out ist ein für diese Meßfehler gebräuchlicher Begriff. Es gibt dafür keine geeignete deutsche Übersetzung.

⁴⁾ Nationale Fußnote: Berührungslos arbeitende Relativaufnehmer sollten nicht an plattierten oder metallisierten Wellenoberflächen eingesetzt werden. Das Problem der Neukalibrierung ist dabei lösbar, der Run-out kann jedoch meistens nicht unter zulässige Werte gesenkt werden.

3.6 Störschwingungen und Bewertung des Meßsystems

Vor den Messungen an einer laufenden Maschine sollte mit demselben Meßsystem und an denselben Meßpunkten eine Prüfung im Stillstand ausgeführt werden. Wenn die dabei gemessenen Werte größer sind als ein Drittel der festgelegten Werte für die Betriebsdrehzahl, sollten Maßnahmen getroffen werden, um den Einfluß der Störschwingungen zu beseitigen⁵⁾.

4 Geräteausstattung

Wenn eine Geräteausstattung den Anforderungen dieses Teils von ISO 7919 entsprechen soll, müssen bei ihrer Entwicklung folgende Einflüsse berücksichtigt worden sein: Temperaturen, Feuchte, die Anwesenheit jeglicher Art von korrosiven Atmosphären, Umfangsgeschwindigkeiten der Welle, Wellenmaterialien und Oberflächenbearbeitungen, Betriebsmedien (z. B. Wasser, Öl, Luft oder Dampf) im Bereich des Aufnehmers, Schwingungen und Stöße (in allen drei Hauptachsen), Luftschall, magnetische Felder, metallische Massen in der Nähe der Aufnehmerspitze sowie Schwankungen und Ausgleichsvorgänge in der Speisespannung.

Es ist erwünscht, daß die Meßeinrichtung Vorkehrungen für eine Kalibrierung der Anzeigen vor Ort besitzt und zusätzlich isolierte Ausgänge vorhanden sind, um bei Bedarf weitere Analysen ausführen zu können.

5 Beurteilungskriterien

5.1 Es gibt zwei wesentliche Größen für die Beurteilung von Wellenschwingungen:

- a) die absolute Wellenschwingung;
- b) die Schwingung der Welle relativ zu Bauteilen.

5.2 Wenn das Beurteilungskriterium die Änderung der Wellenschwingung ist, gilt:

- a) bei geringen Schwingungen der Halterung eines Relativaufnehmers (z. B. weniger als 20 % der relativen Wellenschwingung) darf die relative oder die absolute Wellenschwingung als Maßgröße für die Wellenschwingung verwendet werden;
- b) bei Schwingungen der Halterung des Relativaufnehmers von 20 % oder mehr der relativen Wellenschwingung muß die absolute Wellenschwingung gemessen werden. Wenn sich ergibt, daß diese größer ist als die relative Wellenschwingung, muß sie als Maßgröße für die Wellenschwingung verwendet werden.

5.3 Wenn das Beurteilungskriterium die dynamische Lagerbelastung ist, muß die relative Wellenschwingung als Maßgröße für die Wellenschwingung verwendet werden.

5.4 Wenn das Beurteilungskriterium das Spiel⁶⁾ zwischen Rotor und Stator ist, gilt:

- a) bei geringen Schwingungen der Halterung eines Relativaufnehmers (z. B. weniger als 20 % der relativen Wellenschwingung) muß die relative Wellenschwingung als Maßgröße für die Verkleinerung des Spiels verwendet werden;
- b) bei Schwingungen der Halterung des Relativaufnehmers von 20 % oder mehr der relativen Wellenschwingung darf ebenfalls die relative Wellenschwingung als Maßgröße für die Verkleinerung des Spiels verwendet werden, es sei denn die Schwingungen der Halterung des Relativaufnehmers entsprechen nicht denen des Stators. In diesem Fall werden spezielle Messungen notwendig.

5.5 Die Zuordnung einer Wellenschwingung zu einem speziellen Bewertungsbereich hängt ab von der Größe und Masse des schwingenden Körpers, den Eigenschaften des

Montagesystems, der Leistung und der Verwendung der Maschine. Es ist deshalb notwendig, die verschiedenen Zwecke und Gegebenheiten zu berücksichtigen, wenn unterschiedliche Bereiche der Wellenschwingungen für spezielle Klassen von Maschinen festgelegt werden sollen. Wo es möglich ist, sollte auf das Lastenheft des Produkts hingewiesen werden.

5.6 Grundlagen für die Beurteilung von Wellenschwingungen unterschiedlicher Maschinen werden in Anhang A genannt. Die Beurteilungskriterien gelten für die Betriebsüberwachung und für Abnahmeversuche, soweit die Schwingungen von der Maschine selbst erzeugt und nicht von außen auf die Maschine übertragen werden. Für einige Klassen von Maschinen werden die Anleitungen in diesem Teil von ISO 7919 ergänzt durch jene in ISO 10816-1, wenn Messungen an den nicht-rotierenden Teilen ausgeführt werden. Wenn die Verfahren beider Normen Anwendung finden, ist grundsätzlich dasjenige verbindlich, welches die strengeren Maßstäbe liefert.

Spezielle Kriterien für verschiedene Arten und Typen von Maschinen werden in weiteren Teilen von ISO 7919 genannt, wenn sie verfügbar werden.

5.7 Die Beurteilung nach diesem Basisdokument beschränkt sich auf breitbandige Schwingungen ohne Bezugnahme auf die darin enthaltenen Frequenzkomponenten und ihre Phasenwinkel. Das ist in den meisten Fällen ausreichend für Abnahmeversuche und die Betriebsüberwachung. In einigen Fällen kann es erwünscht sein, bei bestimmten Maschinen auch Informationen über die Phasenlage zur Beurteilung heranzuziehen. Informationen über die Phasenlage sind besonders nützlich, Änderungen im dynamischen Zustand einer Maschine zu erkennen und zu beschreiben, welche bei der breitbandigen Messung der Schwingungen unerkannt bleiben könnten. Das wird in Anhang D erläutert.

Dieser Teil von ISO 7919 gibt zur Zeit keine Anleitungen zur Beurteilung von Änderungen der Phasenlage.

5.8 Die an einer bestimmten Maschine meßbaren Schwingungen können von ihren stationären Betriebsbedingungen abhängen. In den meisten Fällen ist der Einfluß nicht bedeutend. In anderen Fällen kann die Schwingungsempfindlichkeit einer Maschine aber so groß sein, daß sich trotz zufriedenstellender Schwingungswerte bei bestimmten stationären Betriebsbedingungen ungenügende Werte ergeben, wenn sich die Betriebsbedingungen ändern.

Wenn sich Fragen zur Schwingungsempfindlichkeit einer Maschine ergeben, wird empfohlen, zwischen dem Betreiber und dem Hersteller Vereinbarungen zu treffen über die Notwendigkeit und den Umfang zusätzlicher Versuche oder theoretischer Untersuchungen.

⁵⁾ Nationale Fußnote: Bei seismischen Aufnehmern ergibt sich im Stillstand ein Störpegel aus elektrischen oder magnetischen Einstreuungen und den aus der Umgebung einwirkenden Schwingungen an der Meßstelle. Bei berührungslos arbeitenden Relativaufnehmern wird der Störpegel im wesentlichen von elektrischen oder magnetischen Einstreuungen bestimmt. Zusätzlich können sich von außen angeregte Schwingungen der Aufnehmer-Halterung bemerkbar machen. Der Störpegel aus dem mechanischen und elektrischen Run-out ist im Stillstand nicht erfaßbar.

⁶⁾ Nationale Fußnote: Dieses Beurteilungskriterium gilt dem Schutz der Maschine vor Schäden durch radiales Anstreifen. Hierzu muß man die aus einer zeitlichen Integration ermittelte Mittelposition und die relativen Wellenschwingungen kennen und überwachen. Die Mittelposition ist zwar in B.3.1 definiert, ihre Bedeutung für den Maschinenschutz wird aber nicht hervorgehoben.

Anhang A (normativ)

Allgemeine Grundlagen für das Erstellen von Beurteilungskriterien für unterschiedliche Arten von Maschinen

Einleitung

Bei der Erstellung von Beurteilungskriterien für Wellenschwingungen sind sehr viele Faktoren zu berücksichtigen. Die ausgewählten Kriterien können bei unterschiedlichen Maschinenarten und in manchen Fällen auch bei den verschiedenen Rotoren innerhalb eines Wellenstranges sehr stark variieren. Es ist daher wichtig sicherzustellen, daß die für eine Maschine zutreffenden Kriterien festgelegt werden. Kriterien für eine bestimmte Maschinenart können nicht ohne Fehler auf andere Arten übertragen werden. (Beispielsweise sind die Beurteilungskriterien für einen schnellaufenden Verdichter in einer petrochemischen Anlage sehr wahrscheinlich verschieden von denen für große Turbogeneratoren.)

Zur Zeit gibt es nur einige wenige veröffentlichte Normen über Wellenschwingungen. Viele davon gelten nur für spezielle Maschinen und finden nur begrenzt in anderen Bereichen Anwendung.

Dieser Anhang erläutert die Grundlagen für das Erstellen von Beurteilungskriterien, wenn Schwingungen als Spitze-Spitze-Werte gemessen werden (siehe Anhang B). Es wird nicht versucht, Grenzwerte anzugeben; diese sollen für verschiedene Arten und Typen von Maschinen in weiteren Teilen von ISO 7919 genannt werden, wenn sie verfügbar werden.

A.1 Faktoren, welche die Beurteilungskriterien beeinflussen

Es gibt eine große Anzahl unterschiedlicher Faktoren, die bei der Erstellung von Beurteilungskriterien für Wellenschwingungsmessungen berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören

- a) die Meßaufgabe – zum Beispiel sind die Anforderungen unterschiedlich für die Sicherstellung eines ausreichenden Spiels oder die Vermeidung unzulässiger dynamischer Lagerbelastungen;
- b) die Art der Messung – absolute oder relative Schwingung;
- c) die Meßgröße (siehe Anhang B);
- d) der Meßort;
- e) die Wellendrehzahl;
- f) der Lagertyp, das Lagerspiel und der Lagerdurchmesser;
- g) die Aufgabe, die Leistung und die Größe der jeweiligen Maschine;
- h) die relative Nachgiebigkeit der Lager, der Lagergehäuse und der Fundamente;
- i) die Rotormasse und die Rotorelastizität.

Zweifelloos ist die Zahl der Faktoren so groß, daß es nicht gelingt, einheitliche Beurteilungskriterien zu definieren, welche für alle Arten von Maschinen gelten. Aus den Betriebserfahrungen mit verschiedenen Maschinen sind unterschiedliche Kriterien aufzustellen. Sie können aber bestenfalls als Anleitung dienen, da es Bedingungen geben mag, wo Maschinen sicher und zufriedenstellend außerhalb aller allgemeingültigen Empfehlungen arbeiten.

A.2 Beurteilungskriterien

Es werden zwei Kriterien verwendet, um Wellenschwingungen zu beurteilen. Das eine Kriterium bewertet die Größe der breitbandig gemessenen Wellenschwingung, das andere die Änderungen der Größe, unabhängig davon, ob es sich um einen Anstieg oder einen Abfall handelt.

A.2.1 Kriterium I: Schwingungsgröße bei Nenndrehzahl und stationären Betriebsbedingungen

Dieses Kriterium befaßt sich mit der Festlegung von Grenzen für die Größe der Wellenschwingung im Hinblick auf die zulässigen dynamischen Lagerbelastungen, die akzeptablen Werte für das Spiel gegen das Maschinengehäuse und die Schwingungsübertragung in die Aufstellungsbauteile und das Fundament. Der Maximalwert der an jedem Lager gemessenen Wellenschwingung wird in eine der vier Bewertungszonen eingeordnet, die nach internationalen Erfahrungen festgelegt worden sind.

Bild A.1 zeigt ein Diagramm mit zulässigen Spitze-Spitze-Wellenschwingungen als Funktion der Betriebsdrehzahl. Es ist allgemein anerkannt, daß die Grenzwerte der Schwingungen mit steigender Drehzahl abnehmen. Die jeweiligen Werte selbst und das Maß der Änderung mit der Drehzahl sind aber unterschiedlich für die verschiedenen Maschinenarten.

A.2.1.1 Bewertungszonen

Die folgenden kennzeichnenden Bewertungszonen erlauben eine qualitative Beurteilung der Wellenschwingung einer Maschine und geben Hinweise auf eventuell notwendige Maßnahmen.

Zone A: Die Schwingungen neu in Betrieb gesetzter Maschinen liegen gewöhnlich in dieser Zone.

Zone B: Maschinen, deren Schwingungen in dieser Zone liegen, werden üblicherweise als geeignet angesehen, ohne Einschränkungen im Dauerbetrieb zu laufen.

Zone C: Maschinen, deren Schwingungen in dieser Zone liegen, werden üblicherweise als nicht geeignet angesehen, ständig im Dauerbetrieb zu laufen. Im allgemeinen darf die Maschine aber für eine begrenzte Zeit in diesem Zustand betrieben werden, bis sich eine günstige Gelegenheit für Abhilfemaßnahmen ergibt.

Zone D: Schwingungswerte innerhalb dieser Zone werden üblicherweise als so gefährlich angesehen, daß Schäden an der Maschine entstehen können.

A.2.1.2 Grenzen der Bewertungszonen

Die den Grenzen der Zonen zugeordneten Zahlenwerte sind nicht dafür bestimmt, als Abnahmewerte zu dienen; solche müssen zwischen dem Maschinenhersteller und dem Abnehmer vereinbart werden. Diese Werte geben jedoch Hinweise, um grobe Fehler oder unrealistische Anforderungen auszuschließen. In bestimmten Fällen kann es bei einer besonderen Maschine spezielle Eigenschaften geben, die andere Grenzwerte der Zonen erfordern (höhere oder niedrigere). Dann ist es üblicherweise notwendig, die Gründe dafür zu erläutern und insbesondere zu bestätigen, daß die Maschine ohne Gefahr mit höheren Schwingungswerten betrieben werden kann.

A.2.2 Kriterium II: Änderung der Schwingungsgröße

Dieses Kriterium liefert Beurteilungen für die Änderung der Schwingungsgröße gegenüber einem vorher festgelegten Referenzwert. Es kann ein wesentlicher Anstieg oder Abfall der breitbandig gemessenen Schwingungen auftreten, der Maßnahmen erforderlich macht, auch wenn Zone C nach Kriterium I noch nicht erreicht ist. Solche Änderungen können plötzlich oder im Lauf der Zeit eintreten und können ein Indiz dafür sein, daß ein Schaden eingetreten ist. Sie warnen vor einem bevorstehenden Ausfall oder anderen Unregelmäßig-