

Mechanische Schwingungen
**Bewertung der Schwingungen von Maschinen
 durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen**
 Teil 1: Allgemeine Anleitungen
 (ISO 10816-1 : 1995)

DIN
ISO 10816-1

ICS 17.160

Ersatz für
 DIN ISO 3945 : 1982-02

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

Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines (ISO 10816-1 : 1995)

Vibrations mécaniques – Évaluation des vibrations des machines par mesurages sur les parties non tournantes – Partie 1: Directives générales (ISO 10816-1 : 1995)

Die Internationale Norm ISO 10816-1 : 1995 “Mechanical vibration – Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts – Part 1: General guidelines” ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

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

Die Internationale Norm ISO 10816-1 entspricht in einigen Teilen der Richtlinie VDI 2056. Übereinstimmung besteht hinsichtlich der Meßgröße v_{eff} und der Beurteilungsgröße “Schwingstärke”. Im Gegensatz zu VDI 2056 enthält ISO 10816-1 aber keine Beispiele für die Beurteilung spezieller Gruppen von rotierenden Maschinen. Es werden nur die wesentlichen Kriterien für die Erstellung von Beurteilungsmaßstäben genannt und an Beispielen in Anhang B erläutert. Die dort definierten Bewertungszonen und die Festlegungen zu den ALARM- und ABSCHALT-Grenzen sind gleichlautend in alle Folgeteile von ISO 10816 übernommen worden.

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

ISO 2954 siehe DIN 45666

ISO 7919-1 siehe DIN ISO 7919-1

ISO 7919-2 siehe DIN ISO 7919-2

ISO 7919-3 siehe DIN ISO 7919-3

ISO 7919-4 siehe DIN ISO 7919-4

Die Deutschen Normen sind in Anhang NA aufgeführt.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 3945 : 1982-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- ISO 10816-1, die einen Ersatz für ISO 2372 : 1974 und ISO 3945 : 1985 darstellt, übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 3945: 1982-02

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI
 Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN

Deutsche Übersetzung

Mechanische Schwingungen Bewertung der Schwingungen von Maschinen durch Messungen an nicht-rotierenden Teilen 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 mitzu-arbeiten. 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 elektro-technischer 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 abstim-menden Mitgliedskörperschaften.

Die Internationale Norm ISO 10816-1 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 erste Ausgabe von ISO 10816-1 ersetzt ISO 2372 : 1974 und ISO 3945 : 1985, die inhaltlich überarbeitet wurden.

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

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

Die Anhänge A, B, C, D, E und F dieses Teils von ISO 10816 dienen nur der Information.

Einleitung

Dieser Teil von ISO 10816 ist eine Grundnorm, die allgemeine Anleitungen zur Messung und Bewertung der mechanischen Schwingungen von Maschinen gibt, wenn diese an nicht-rotierenden (bzw. auch nicht-oszillierenden) Bauteilen der vollständigen Maschine ermittelt werden, wie beispielsweise an Lagergehäusen. Empfehlungen für die Messungen und für die Bewertungs-kriterien bei speziellen Maschinenarten werden in Folgeteilen von ISO 10816 gegeben.

Bei vielen Maschinen genügt es, Messungen an nicht-rotierenden Bauteilen auszuführen, um die Laufgüte in bezug auf einen störungsfreien Betrieb zutreffend zu beschreiben. Es gibt jedoch einige Maschinenarten, z. B. solche mit elastischen Rotoren, bei denen Messungen an nicht-rotierenden Teilen nicht ausreichend sind. In diesen Fällen kann es notwendig sein, die Maschine durch Messung an den rotierenden und nicht-rotierenden oder allein an den rotierenden Bauteilen zu überwachen. Für derartige Maschinen sind die Anleitungen in diesem Teil von ISO 10816 zu ergänzen mit denen für die Wellenschwingungen in ISO 7919-1. Wenn die Verfahren beider Normen anwendbar sind, ist grundsätzlich dasjenige verbindlich, welches die strengeren Maßstäbe liefert.

Schwingungsmessungen können für viele Zwecke dienlich sein, z. B. für die routinemäßige Überwachung des Betriebszustands, für Abnahmeprüfungen und für diagnostische oder analytische Untersuchungen. Dieser Teil von ISO 10816 soll Anleitungen aus-schließlich für die Zustandsüberwachung und für die Abnahmeprüfung geben.

Es werden drei grundlegende Meßgrößen 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

Dieser Teil von ISO 10816 beschreibt allgemeine Bedingungen und Verfahren zur Messung und Bewertung von Schwingungen, wenn Messungen an nicht-rotierenden bzw. auch nicht-oszillierenden Bauteilen vollständiger Maschinen ausgeführt werden. Die allgemeinen Bewertungskriterien gelten für die Betriebsüberwachung und für die Abnahmeprüfung und werden für die Größe der Schwingung als auch für eine Schwingungsänderung angegeben. Diese Kriterien dienen hauptsächlich der Sicherstellung eines zuverlässigen, sicheren Langzeitbetriebs der Maschine, wobei gleichzeitig schädliche Auswirkungen auf angeschlossene Geräte minimiert werden. Zusätzlich werden Anleitungen gegeben, wie Grenzwerte für den Betrieb festzulegen sind.

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.

Dieser Teil von ISO 10816 schließt jede Behandlung von Drehschwingungen aus.

2 Normative Verweisungen

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

ISO 7919-1 : 1996

Mechanical vibration of non-reciprocating machines – Measurements on rotating shafts and evaluation criteria – Part 1: General guidelines

3 Messungen

Dieser Abschnitt beschreibt die Messungen, Vorgehensweisen und Betriebsbedingungen, die bei der Ermittlung der Maschinenschwingungen empfohlen werden. Die Anleitungen erlauben die Bewertung der Schwingungen nach den allgemeinen Kriterien und Grundsätzen des Abschnitts 5.

3.1 Einflußgrößen

3.1.1 Frequenzbereich

Die Messung der Schwingung muß breitbandig erfolgen, damit das Frequenzspektrum der Maschine ausreichend erfaßt wird. Der Frequenzbereich hängt von der betrachteten Maschinenart ab (zur Beurteilung des Zustands von Wälzlagern sollte beispielsweise der Frequenzbereich höhere Frequenzen einschließen als bei ausschließlich gleitgelagerten Maschinen). Anhaltswerte für den Frequenzbereich der Meßeinrichtung bei speziellen Klassen von Maschinen werden in den Folge- teilen von ISO 10816 genannt.

ANMERKUNG 1: Früher war die Schwingstärke meistens auf die im Frequenzbereich von 10 Hz bis 1 000 Hz breitbandig gemessene Schwinggeschwindigkeit in mm/s (eff) bezogen. Bei verschiedenen Maschinenarten dürfen jedoch andere Frequenzbereiche und Meßgrößen verwendet werden.

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.

3.1.2 Meßgröße

Im Anwendungsbereich dieses Teils von ISO 10816 können folgende Meßgrößen verwendet werden:

- a) Schwingweg, gemessen in μm ;
- b) Schwinggeschwindigkeit, gemessen in mm/s;
- c) Schwingbeschleunigung, gemessen in m/s^2 .

Anwendung, Geltungsbereich und Grenzen dieser Meßgrößen werden in Abschnitt 5 ausführlich erläutert.

Im allgemeinen gibt es keine einfache Beziehung zwischen der breitbandig gemessenen Schwingbeschleunigung, der Schwinggeschwindigkeit und dem Schwingweg. Entsprechendes gilt für den Scheitelwert (Betragsmaximalwert) (0-p), die Schwingungsbreite¹⁾ (p-p), den Effektivwert (eff) und den Betragsmittelwert der Schwingung. Die Gründe hierfür werden in Anhang A kurz erläutert. Dort werden auch einige exakte Beziehungen zwischen den o. g. Größen angegeben, sofern die harmonischen Anteile der Schwingung bekannt sind.

Um Verwechslungen zu vermeiden und um eine korrekte Interpretation sicherzustellen, ist es wichtig, daß die Meßgröße stets genau angegeben wird [z. B. μm (p-p), mm/s (eff)].

3.1.3 Schwingungsgröße

Das Ergebnis von Messungen mit einem Meßgerät, welches den Anforderungen nach Abschnitt 4 genügt, wird Schwingungsgröße an dem speziellen Meßort in der speziellen Meßrichtung genannt.

Gestützt auf Erfahrung, ist es bei der Bewertung der breitbandig gemessenen Schwingungen umlaufender Maschinen üblich, den Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit zu betrachten, da dieser ein Maß für den Energie-Inhalt der Schwingung ist. Andere Größen, wie der Schwingweg oder die Schwingbeschleunigung und auch Scheitelwerte 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 den Effektivwerten basieren.

3.1.4 Schwingstärke

Üblicherweise werden Messungen an verschiedenen Meßorten und in zwei oder drei Meßrichtungen ausgeführt. Sie liefern einen Satz verschiedener Werte für die Schwingungsgröße. Die größte, breitbandig und unter vereinbarten Aufstellungs- und Betriebsbedingungen der Maschine gemessene Schwingungsgröße wird als Schwingstärke bezeichnet.

Bei den meisten Maschinenarten charakterisiert ein einziger Wert der Schwingstärke den Schwingungszustand einer Maschine. Bei einigen Maschinenarten kann dieses Vorgehen jedoch falsch sein. Die Schwingstärke sollte dann an den verschiedenen Meßorten unabhängig voneinander bewertet werden.

3.2 Meßorte

Messungen sollten an den Lagern, den Lagergehäusen oder anderen Bauteilen ausgeführt werden, welche die Einwirkung von Wechselkräften signifikant widerspiegeln und den gesamten Schwingungszustand der Maschine beschreiben. Typische Meßorte werden in den Bildern 1 bis 5 gezeigt.

Um das Schwingungsverhalten an jedem Meßort zu beschreiben, ist es notwendig, Messungen in drei zueinander senkrechten Richtungen auszuführen. Der volle Satz von Messungen, wie in den Bildern 1 bis 5 gezeigt, ist im allgemeinen nur bei Abnahmeprüfungen erforderlich. Bei Betriebsüberwachungen reicht es im allgemeinen aus, nur in einer oder beiden radialen Richtungen zu messen (d. h. in der Regel in der Richtung horizontal-quer und/oder vertikal).

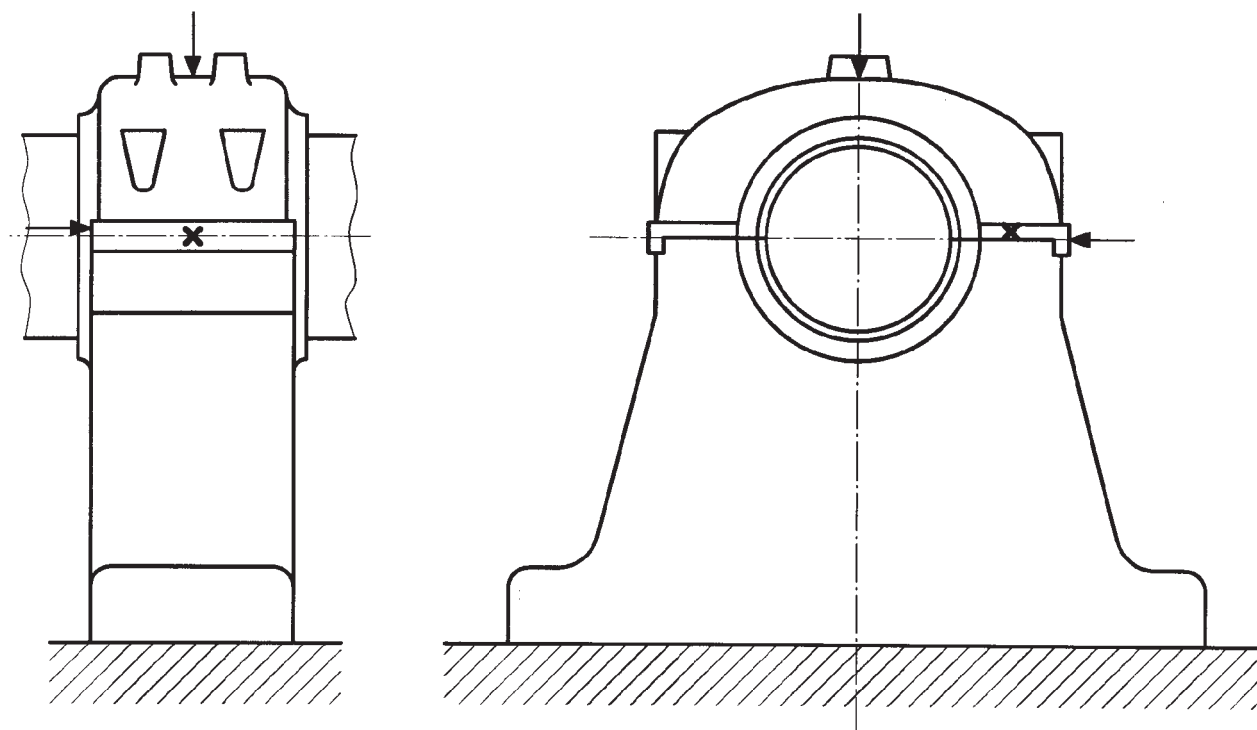


Bild 1: Meßorte an Stehlagern

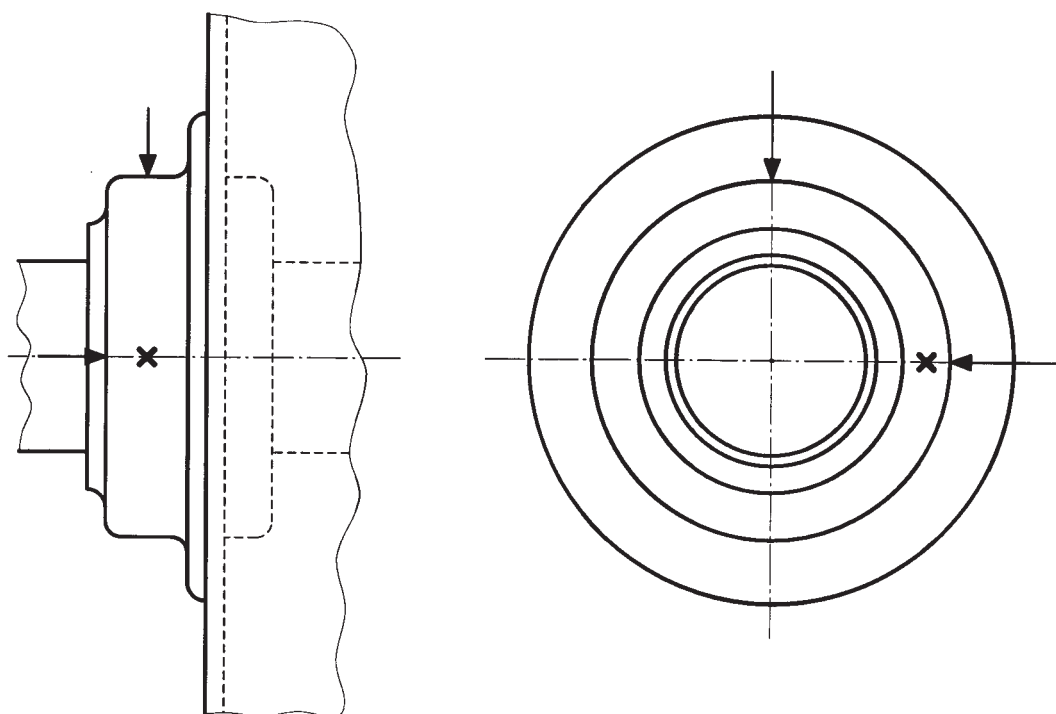


Bild 2: Meßorte an Schildlagern

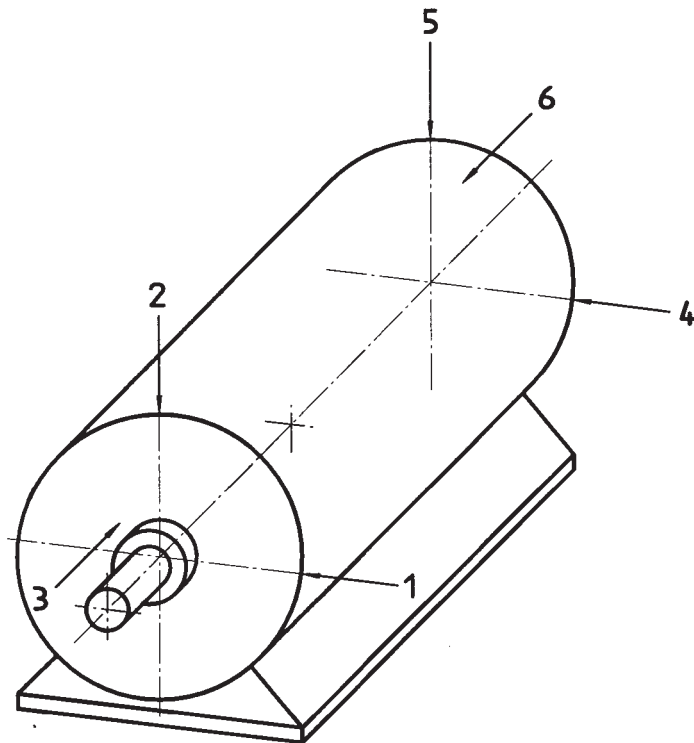


Bild 3: Meßorte an kleinen elektrischen Maschinen

Diese können durch eine Messung der Axialschwingungen ergänzt werden. Die Letztgenannten sind üblicherweise von großer Bedeutung bei Drucklagern, auf die axiale Wechselkräfte übertragen werden.

Detaillierte Empfehlungen für spezielle Maschinenarten werden in weiteren Teilen von ISO 10816 gegeben.

3.3 Maschinenaufstellung bei Abnahmeprüfungen

3.3.1 Prüfungen am Aufstellungsort

Wenn Abnahmeprüfungen am Aufstellungsort durchgeführt werden, müssen die Aufstellungsbedingungen den Anforderungen der Maschine entsprechen. In diesem Fall ist es wichtig sicherzustellen, daß bei der Prüfung alle wichtigen Bauteile der Maschine und der Aufstellung installiert sind.

Es sollte beachtet werden, daß ein Vergleich der Schwingungen von Maschinen derselben Art, die auf verschiedenen Fundamenten oder Zwischenfundamenten montiert sind, nur dann zulässig ist, wenn die jeweiligen Fundamente gleichartige dynamische Eigenschaften besitzen.

3.3.2 In einer Prüfanlage

Aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen werden Abnahmeprüfungen bei vielen Arten von Maschinen in einer Prüfvorrichtung ausgeführt, deren Aufstellungsbedingungen von denen am Aufstellungsort abweichen können. Die Aufstellung kann den Schwingungsmeßwert erheblich beeinflussen. Es sollte daher mit allen Mitteln sichergestellt werden, daß die Eigenfrequenzen der kompletten Prüfanordnung weder mit den Drehfrequenzen der Maschine noch mit einer ihrer wesentlichen Harmonischen übereinstimmen.

Üblicherweise erfüllt die Prüfanordnung diese Anforderung, wenn die in horizontaler und vertikaler Richtung an den Maschinenfüßen oder am Grundrahmen neben einem Lagerständer oder den Statorfüßen gemessenen Schwingungsgrößen 50 % der Werte nicht übersteigen, die in derselben Richtung an dem zugehörigen Lager gemessen werden. Weiterhin darf die Prüfanordnung keine wesentliche Veränderung der Haupt-Resonanzfrequenzen bewirken.

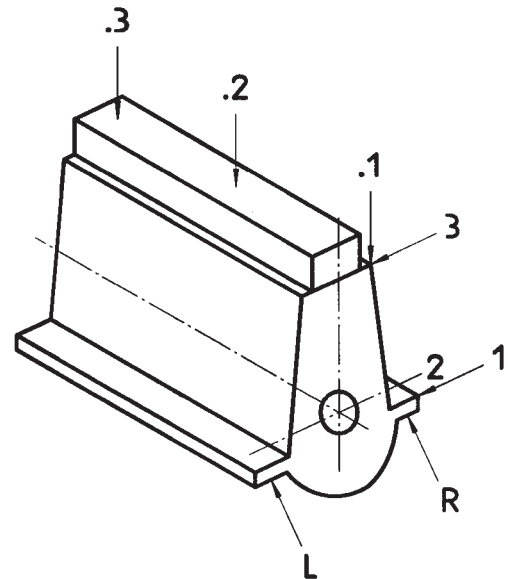


Bild 4: Meßorte an Hubkolbenmaschinen

Wenn bei einer Abnahmeprüfung eine wesentliche Aufstellungs-Eigenfrequenz vorhanden ist und nicht beseitigt werden kann, muß die Abnahmeprüfung für die Schwingungen an der vollständig montierten Maschine am Aufstellungsort ausgeführt werden.

Bei einigen Arten von Maschinen (z. B. kleine elektrische Maschinen) können Abnahmeprüfungen durchgeführt werden, wenn die Maschinen elastisch aufgestellt sind. In diesem Fall müssen alle Starrkörper-Eigenfrequenzen der auf ihrer Aufstellung montierten Maschine kleiner als die Hälfte der tiefsten wesentlichen Erregerfrequenz der Maschine sein. Geeignete Aufstellungsbedingungen lassen sich durch Befestigen der Maschine auf einer elastisch gelagerten Grundplatte oder durch Aufhängen an einer weichen Feder erreichen.

3.4 Maschinenaufstellung für die Betriebsüberwachung

Die Betriebsüberwachung wird ausschließlich an vollständig montierten Maschinen am Aufstellungsort ausgeführt (d. h. unter den endgültigen Aufstellungsbedingungen).

3.5 Betriebsbedingungen der Maschine

Schwingungsmessungen dürfen erst durchgeführt werden, wenn die vereinbarten, bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen erreicht sind. Zusätzliche Schwingungsmessungen, die unter anderen Bedingungen durchgeführt werden, sind für eine Bewertung nach Abschnitt 5 nicht geeignet.

3.6 Bewertung von Störschwingungen aus der Umgebung

Wenn die gemessene Schwingungsgröße die empfohlene Grenze übersteigt, kann es notwendig sein, bei abgeschalteter Maschine die Störschwingungen aus der Umgebung zu messen. Damit soll sichergestellt werden, daß diese keinen wesentlichen Beitrag zu den beobachteten Schwingungen liefern. Wenn die Störschwingungen aus der Umgebung ein Drittel des empfohlenen Schwingungsgrenzwertes übersteigen, sollten, wenn möglich, Maßnahmen zu ihrer Verringerung ergriffen werden.