

Betriebsanleitung

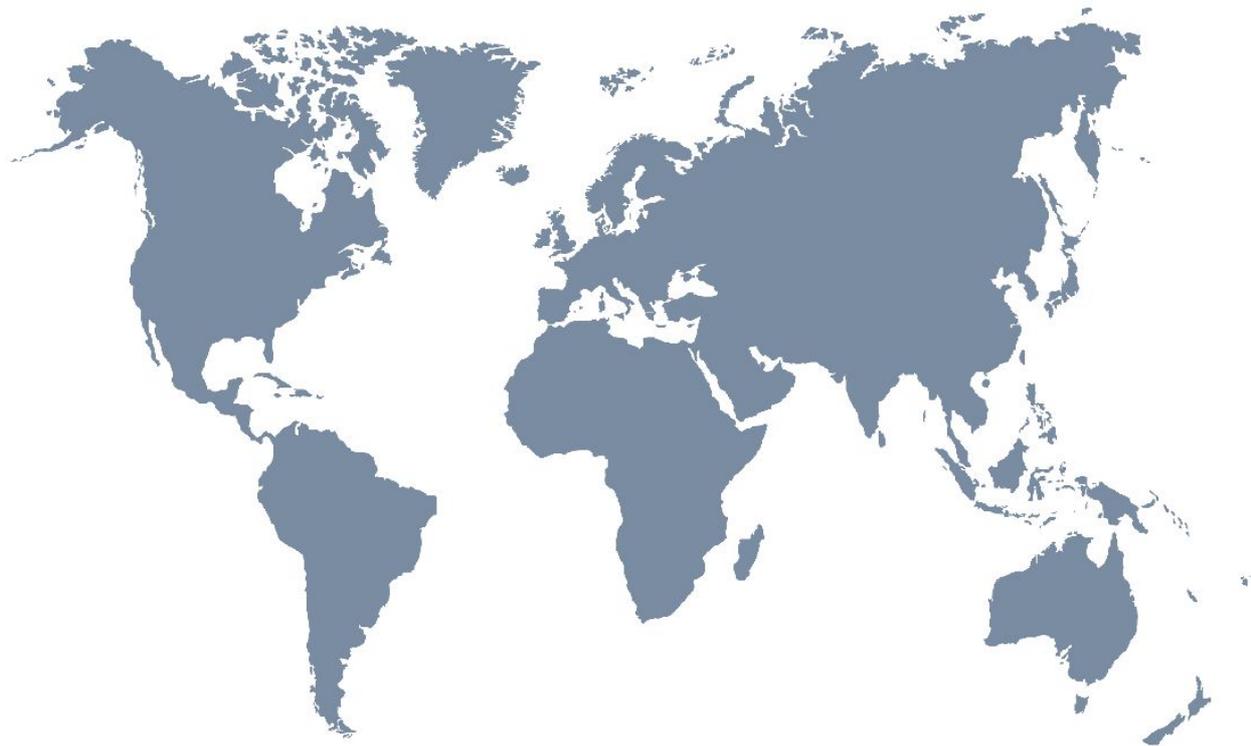
Messgerät

MachineControl MC 1100

370-1100-de Rev. 1.9 201703

Original-Betriebsanleitung





© Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
Werner-von-Siemens Straße 21
D-64319 Pfungstadt
Tel. +49 (0) 6157 949-0
Fax +49 (0) 6157 949-100
E-Mail: germany@hofmann-global.com
Web: <http://www.hofmann-global.com>

Alle Rechte vorbehalten. Kein Titel des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt und verbreitet werden.

Betriebsanleitung für zukünftige Verwendung aufbewahren!

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Hinweise	1 - 1
1.1	Hersteller und Bezeichnung	1 - 1
1.2	Kontakt	1 - 1
1.2.1	Kundendienst und Ersatzteile	1 - 1
1.3	Schutzrechte	1 - 2
1.4	EG-Konformitätserklärung	1 - 3
1.5	Hinweise zu dieser Betriebsanleitung	1 - 4
1.5.1	Abbildungen und Zeichnungen	1 - 4
1.5.2	Optionen	1 - 4
1.5.3	Warnzeichen	1 - 4
1.5.4	Signalwörter in Sicherheitshinweisen und ihre Bedeutung	1 - 5
1.5.5	Informationssymbole	1 - 5
1.6	Entsorgung	1 - 6
2	Sicherheitsinformationen	2 - 1
2.1	Betrieb des Gerätes an Maschinen	2 - 1
2.1.1	Anforderungen an Personen	2 - 2
2.2	Bestimmungsgemäße Verwendung	2 - 3
2.2.1	Verwendungszweck	2 - 3
2.2.2	Zulässige Betriebsweisen	2 - 3
2.2.3	Unzulässige Betriebsweisen	2 - 3
2.3	Pflichten des Betreibers	2 - 4
2.3.1	Informationspflicht	2 - 4
2.4	Pflichten des Bedieners	2 - 4
2.5	Gewährleistung und Haftung	2 - 5
2.6	Ersatzteile	2 - 5
2.7	Reinigungsmittel	2 - 5
3	Messgerät	3 - 1
3.1	Lieferumfang	3 - 1
3.2	Lagerung und Konservierung	3 - 2
3.2.1	Hinweis zur Haftung	3 - 2
3.3	Verwendungszweck	3 - 2
3.4	Eigenschaften und Vorteile	3 - 3
3.4.1	Eigenschaften	3 - 3
3.4.2	Vorteile	3 - 3
3.5	Schnittstellen und Funktionen am Gerät	3 - 4
3.6	Messaufbau-Beispiel	3 - 5
3.7	Einrichthinweise	3 - 6
3.7.1	Schwingungsaufnehmer	3 - 6
4	Grundlagen der Bedienung	4 - 1
4.1	Bedienelemente	4 - 1
4.1.1	Anzeige und Tastatur	4 - 1
4.2	Grundlagen der Bedienung	4 - 2
4.2.1	Startbildschirm	4 - 2
4.2.2	Einstellungen	4 - 2
4.3	Wiederkehrende Bedienungsaufgaben	4 - 4
4.4	Sensorerkennung	4 - 4

5	Bedienung	5 - 1
5.1	Summenschwingung	5 - 1
5.1.1	Anzeige wählen	5 - 1
5.2	Wälzlagerzustand	5 - 2
5.3	Temperatur	5 - 3
5.3.1	Anzeige wählen	5 - 3
5.4	Drehzahl	5 - 4
5.4.1	Messung wählen	5 - 4
5.4.2	Drehzahlmessung durchführen	5 - 4
5.4.3	Hinweise für erfolgreiche Drehzahlmessungen	5 - 5
5.5	Riemenfrequenz	5 - 6
5.5.1	Messung wählen	5 - 6
5.5.2	Riemenfrequenzmessung durchführen	5 - 6
5.5.3	Hinweise für erfolgreiche Riemenfrequenzmessungen	5 - 7
6	Instandhaltung	6 - 1
6.1	Ladezustand prüfen	6 - 1
6.2	Akkus laden	6 - 1
6.2.1	LED-Anzeigen des Ladegerätes	6 - 2
6.3	Akkus tauschen	6 - 2
6.4	Pflege	6 - 2
7	Technische Daten	7 - 1
7.1	MachineControl MC 1100	7 - 1
7.1.1	Messbereiche	7 - 1
7.1.2	Messgrößen	7 - 1
7.1.3	Frequenzbereiche	7 - 1
7.1.4	Versorgung	7 - 1
7.1.5	Laser	7 - 1
7.1.6	Abmessungen / Gewicht	7 - 1
7.2	Schwingungsaufnehmer	7 - 2
7.3	Frequenzsensor	7 - 2
8	Begriffe	8 - 1
8.1	Signaldefinitionen	8 - 1
8.2	Umrechnungen	8 - 2
9	Auswertung	9 - 1
9.1	Schwingungsmessungen durchführen	9 - 1
9.2	Summenwertmessung	9 - 3
9.2.1	Zulässige Schwingstärken	9 - 5
9.3	Beurteilung des Wälzlagerzustandes	9 - 6
9.4	Interpretation von Schwingungsmessungen	9 - 8
9.5	Vorausschauende Maschinenwartung und -instandhaltung	9 - 12
9.6	Weiterführende Literatur	9 - 13

1 Allgemeine Hinweise

1.1 Hersteller und Bezeichnung

Das Messgerät wurde gebaut von:

Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
Werner-von-Siemens Straße 21
D-64319 Pfungstadt

und trägt die vollständige Bezeichnung:

**Messgerät
MachineControl MC 1100**



In den nachfolgenden Seiten wird die vollständige Firmenbezeichnung durch die Bezeichnung „Hersteller“ ersetzt.

1.2 Kontakt

Telefon:..... +49 (0) 6157 949-0

Fax:..... +49 (0) 6157 949-100

E-Mail:..... info@hofmann-global.com

Internet:..... www.auswuchttechnik.de

1.2.1 Kundendienst und Ersatzteile

Telefon:..... +49 (0) 6157 949-181

Fax:..... +49 (0) 6157 949-130

E-Mail:..... kundendienst@hofmann-global.com

1.3 Schutzrechte



Das Messgerät MachineControl MC 1100 ist geistiges Eigentum der Firma Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG.

Alle Rechte am Messgerät, dem Messprinzip, den dazugehörigen Zeichnungen usw. liegen beim Hersteller und unterliegen dem Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte (UG) vom 9.9.1965 in der jeweils gültigen Fassung.

Laut Urheberrecht, Wettbewerbsgesetz und BGB ist das Vervielfältigen nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung zulässig.

Die Unterlagen dürfen unbefugten Dritten nicht zur Einsichtnahme überlassen werden.

Soweit es sich um die Dokumentation von Zulieferern handelt, gelten die Vorschriften des Urheberrechts sinngemäß.

Für die Betriebsanleitung gelten ebenfalls die oben genannten Vorschriften.

Alle Rechte an Zeichnungen, Software und anderen Unterlagen sowie jede Verfügungsbefugnis, wie Kopie- und Weitergaberecht, bei Firma Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG auch für den Fall von Schutzrechtsanmeldungen.

1.4 EG-Konformitätserklärung



DQS – zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2008
DIN EN ISO 14001:2005
(Reg.-Nr. 275664 QM/UM)

EG Konformitätserklärung

Hersteller: **H O F M A N N**
Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG

Anschrift: Werner-von-Siemens-Straße 21
D-64319 Pfungstadt

Produktbezeichnung: **Messgerät**
MachineControl MC 1100

Das bezeichnete Produkt stimmt mit den Vorschriften folgender Europäischer Richtlinien überein:

2004/108/EG
EG-Richtlinie Elektromagnetische Verträglichkeit
(EMV-Richtlinie)

Die Übereinstimmung wird nachgewiesen durch die vollständige Einhaltung folgender Normen:

DIN EN 61326-1 / 2006-10
Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte –
EMV-Anforderungen

Ort, Datum: Pfungstadt, 09.12.2009

Unterschrift:

C. T. O.: Georg Fischer

Die Sicherheits- und Einsatzhinweise der mitgelieferten Produktdokumentation sind zu beachten.

Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
Werner-von-Siemens-Str. 21 Postfach 1129
D-64319 Pfungstadt D-64311 Pfungstadt
Amtsgericht Darmstadt HRA 6332

Banken: Commerzbank Darmstadt (BLZ 508 400 05) Kto-Nr. 6 103 881

Banken: Baden-Württembergische Bank (BLZ 600 501 01) Kto-Nr. 4 760 157

archiviert unter: H:\EG Konformität\Konf EMV\MC 1100\Konformitaetserklaerung_MC_1100_de.doc

Persönlich haftende Gesellschafterin:

Hofmann Mess- und Auswuchttechnik Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Darmstadt HRB 6275

Geschäftsführer: Daniel Kircher

IBAN: DE78 5084 0005 0610 3881 00

IBAN: DE42 6005 0101 0004 7601 57

Telefon: 0 61 57 / 9 49-0

Telefax: 0 61 57 / 9 49-100

e-mail: hofmann@auswuchttechnik.de

www.auswuchttechnik.de

SWIFT-BIC: COBA DE FF 508

SWIFT-BIC: SO LA DE ST

1.5 Hinweise zu dieser Betriebsanleitung

Die Betriebsanleitung ist Bestandteil des Lieferumfangs und wichtiger technischer Leitfaden zur bestimmungsgemäßen Verwendung und zur Erzielung des vollen Funktionsnutzens.

Sie stellt für den Benutzer ein unabdingbares Informationsmittel dar, um sich selbst und das Gerät vor Schäden zu bewahren.

1.5.1 Abbildungen und Zeichnungen

dienen zur Veranschaulichung und entsprechen in ihren Einzelheiten nicht immer dem vorliegenden Produkt in seiner aktuellen Version.

1.5.2 Optionen

Einzelne beschriebene Ausstattungsmerkmale können Optionen sein, mit der nicht jedes ausgelieferte Gerät ausgestattet ist. Optionen sind im Text als solche gekennzeichnet.

1.5.3 Warnzeichen

Warnzeichen finden Sie bei allen Sicherheitshinweisen in dieser Betriebsanleitung, die auf besondere Gefahren für Personen, Sachwerte oder Umwelt hinweisen.

Beachten Sie diese Hinweise und verhalten Sie sich in diesen Fällen besonders vorsichtig. Geben Sie alle Sicherheitshinweise auch an andere Benutzer weiter.



Gefahrstelle



Einzugsgefahr



Laserstrahlen

1.5.4 Signalwörter in Sicherheitshinweisen und ihre Bedeutung

- Achtung** wird bei Gefahr von Sach- oder Umweltschäden verwendet.
- Vorsicht** bezeichnet eine möglicherweise gefährliche Situation. Bei Nichtbeachten des Hinweises können leichte Verletzungen eintreten.
- Warnung** bezeichnet eine möglicherweise gefährliche Situation. Bei Nichtbeachten des Hinweises können Tod oder schwerste Verletzungen eintreten.
- Gefahr** bezeichnet eine unmittelbar drohende Gefahr. Bei Nichtbeachten des Hinweises drohen Tod oder schwerste Verletzungen.

1.5.5 Informationssymbole



INFORMATION

wird bei Zusatzinformationen verwendet

- ▶ fordert Sie zum Handeln auf
 - 1. fordert Sie zu einem Handlungsschritt auf
 - ↳ gibt die Reaktion an
- bei Aufzählungen
- ☞ gibt Ihnen zusätzliche Hinweise

Unterstrichen: Erläuterung im Kapitel „Begriffe“

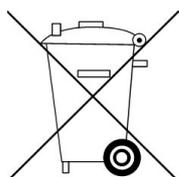
Vorgabewerte: Grundeinstellungen (Werkseinstellungen) sind kursiv dargestellt.

1.6 Entsorgung

i INFORMATION

Beachten Sie nationale Gesetze und Verordnungen zum Schutz der Umwelt.

i INFORMATION



Gerät sowie Akkus nicht mit dem Restmüll entsorgen. Nutzen Sie bestehende Systeme zur getrennten Sammlung von Geräten und Batterien / Akkus oder senden Sie das zu entsorgende Gerät an:

Hofmann Mess- und Auswuchttechnik GmbH & Co. KG
Werner-von-Siemens Straße 21
D-64319 Pfungstadt

2 Sicherheitsinformationen

INFORMATION

Die Hinweise der Betriebsanleitung erheben nicht den Anspruch der Vollständigkeit!

Das Gerät ist nach dem Stand der Technik und den allgemein anerkannten sicherheitstechnischen Regeln gebaut und betriebssicher.

2.1 Betrieb des Gerätes an Maschinen

Jedoch können beim Einsatz des Gerätes an Maschinen Gefahren entstehen, wenn es nicht von geschultem oder zumindest eingewiesenem Personal bedient wird und / oder unsachgemäß oder zu einem nicht bestimmungsgemäßen Gebrauch eingesetzt wird.

Diese Gefahren können sein:

- Gefahren für Leib und Leben des Benutzers oder Dritter
- Beeinträchtigung des Gerätes und weiterer Sachwerte des Anwenders



GEFAHR Allgemeine Gefahr

Maschinen, an der das Gerät eingesetzt werden soll, nur betreiben, wenn alle Schutzeinrichtungen vorhanden und funktionsfähig sind.



GEFAHR Gefahr durch Einziehen oder Aufwickeln

Leitungen zwischen Maschine und Gerät, so anordnen, dass ein Einziehen oder Aufwickeln der Leitungen ausgeschlossen ist.

Ansonsten besteht erhebliche Verletzungsgefahr.



GEFAHR
Allgemeine Gefahr

Von der Maschine, an der das Gerät eingesetzt werden soll, gehen Gefahren aus, wenn sie unsachgemäß oder nicht in ordnungsgemäßem Zustand betrieben wird.

Der Betreiber ist verpflichtet, die Maschine nur in einwandfreiem Zustand zu betreiben. Gefahrenstellen, die zwischen dem Gerät und kundenseitigen Einrichtungen entstehen, sind vom Betreiber zu sichern.

2.1.1 Anforderungen an Personen

Personen, die kraftbetriebene Arbeitsmittel betätigen, haben darauf zu achten, dass sie weder sich noch andere durch gefahrbringende Bewegungen gefährden. Der Unternehmer darf Arbeiten an kraftbetriebenen Arbeitsmitteln mit gefahrbringenden Bewegungen, in denen das Gerät eingesetzt wird, nur Personen übertragen, die dazu befugt sind und

- die Arbeiten selbständig und sicher durchführen können oder
- nach vorheriger Unterweisung unter Aufsicht einer mit diesen Arbeiten vertrauten Person stehen.



GEFAHR
Allgemeine Gefahr

Arbeiten an/mit dem Gerät dürfen nur von Personen ausgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung und Qualifikation dazu berechtigt sind. Außerdem müssen die Personen vom Betreiber dafür beauftragt sein

2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung

2.2.1 Verwendungszweck

Siehe Kapitel 3.3 Verwendungszweck

! ACHTUNG

Eine andere oder darüber hinausgehende Benutzung gilt als nicht bestimmungsgemäß.

2.2.2 Zulässige Betriebsweisen

Das Gerät ist ausschließlich für die nach Beschreibung und Bezeichnung vorgesehene Verwendung bestimmt.

Das Betreiben des Gerätes ist nur zulässig,

- wenn diese Betriebsanleitung vollständig gelesen und verstanden wurde,
- nach der in dieser Betriebsanleitung beschriebenen Vorgehensweise.

2.2.3 Unzulässige Betriebsweisen

Das Betreiben des Gerätes ist unzulässig,

- wenn diese Betriebsanleitung nicht vollständig gelesen und nicht verstanden wurde,
- nach einer der in dieser Betriebsanleitung nicht beschriebenen Vorgehensweise.

2.3 Pflichten des Betreibers

i INFORMATION

Der Betreiber ist aufgrund verschiedener Schutzgesetze zur Erstellung von Anweisungen für die Beschäftigten und zur Sicherung eines gefahrlosen Betriebes des Gerätes verpflichtet.

Diese Schutzgesetze sind länderspezifisch und weichen teilweise von einander ab. Der Betreiber muss die Schutzgesetze seines Landes hinzuziehen, für Deutschland gelten z.B:

- Gewerbeordnung § 120a Absätze 1 und 4
- U.V.-Vorschriften „Allgemeine Vorschriften“/ „Kraftbetriebene Arbeitsmittel“

2.3.1 Informationspflicht

- ▶ Das mit Tätigkeiten mit dem Gerät beauftragte Personal muss vor Arbeitsbeginn die Betriebsanleitung und hier besonders das Kapitel „Sicherheitsmaßnahmen“, sowie geltende Vorschriften gelesen und verstanden haben.
- ▶ Die Betriebsanleitung und geltende Vorschriften so aufbewahren, dass sie dem Bedien- und Wartungspersonal zugänglich sind.
- ▶ Ergänzend zur Betriebsanleitung allgemeingültige gesetzliche und sonstige verbindliche Regelungen zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz beachten und anweisen!

2.4 Pflichten des Bedieners

- ▶ Betriebsanleitung vor Inbetriebnahme und Bedienung lesen und beachten!
- ▶ Arbeitsschutz-, Berufsgenossenschafts- und Unfallvorschriften beachten, insbesondere Schutzausrüstung tragen.

2.5 Gewährleistung und Haftung

Die Gewährleistung und Haftung richtet sich nach den vertraglich festgelegten Bedingungen.

i INFORMATION

Schäden, die durch einen nicht bestimmungsgemäßen Betrieb, oder durch Fehlbedienung, verursacht wurden, fallen nicht unter die Gewährleistungspflichten des Herstellers. Das Risiko trägt allein der Anwender.

i INFORMATION

Bei Änderungen am Gerät ohne Kenntnis und Genehmigung des Herstellers erlischt der Haftungs- und Gewährleistungsanspruch.

2.6 Ersatzteile

Ersatzteile müssen den vom Hersteller festgelegten technischen Anforderungen entsprechen. Dies ist bei Originalersatzteilen immer gewährleistet.

2.7 Reinigungsmittel

Für normale Verschmutzungen

handelsübliche nicht brennbare Reinigungsmittel verwenden. Reinigungstücher nur leicht benetzen.

! ACHTUNG

Achten Sie darauf, dass keine Gegenstände und keine Flüssigkeiten in das Gerät eindringen.

Zur Reinigung der Anzeige

spezielle Monitor-Reinigungsmittel und weiche Tücher oder Brillenputztücher verwenden.

3 Messgerät

3.1 Lieferumfang

Vollständigkeit prüfen

- ▶ Gesamte Sendung anhand beiliegendem Lieferschein und Auftragsbestätigung auf Vollständigkeit prüfen! Bitte beachten Sie unsere Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Schäden melden

- ▶ Nach Anlieferung des Messgeräts mit Zubehör, Schäden infolge mangelhafter Verpackung oder durch Transport sofort dem Spediteur und dem Hersteller melden.



Abb. 3-1: Geräteset

- 1 - MachineControl MC 1100
- 2 - Ladegerät
- 3 - Reflexionsband
- 4 - Temperatursensor (Option)
- 5 - Frequenzsensor (Messung Riemen­spannung) (Option)
- 6 - Tastspitze
- 7 - Magnetfuß
- 8 - Beschleunigungssensor HMA 1140
- 9 - Transportkoffer

nicht abgebildet 10 - Betriebsanleitung

3.2 Lagerung und Konservierung

Um ein nicht genutztes Messgerät auch über einen längeren Zeitraum funktionsfähig zu halten, müssen einige Punkte beachtet werden:

- ☞ Messgerät im Transportkoffer aufbewahren, so dass kein Schmutz und Staub eindringen kann.
- ☞ Der Lagerraum muss trocken und sauber sein.
- ☞ Messgerät nicht extremen Temperaturen Kälte (< -10 °C) oder Hitze (>+ 50 °C) aussetzen.

3.2.1 Hinweis zur Haftung

Für Korrosionsschäden, die durch unsachgemäße Lagerung auftreten, übernehmen wir keinerlei Gewährleistung.

3.3 Verwendungszweck

- Schwingungskontrolle an Maschinen und Anlagen
- Bewertung des Wälzlagerzustands
- Kontrolle der Maschinendrehzahl
- Temperaturmessung (Option)
- Kontrolle der Riemenspannung (Option)
- Erkennen kritischer Betriebsbereiche
- Schadensfrüherkennung



INFORMATION

Das Gerät ist geeignet zum Einsatz im Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereich sowie im Industriebereich.

3.4 Eigenschaften und Vorteile

3.4.1 Eigenschaften

Das Messgerät MC 1100 dient der einfachen und schnellen Messung der Schwinggeschwindigkeit v_{eff} . Damit wird der Schwingungszustand rotierender Maschinen nach ISO 10816-1 bis 6 beurteilt.

Alternativ zur Schwinggeschwindigkeit kann die Schwingbeschleunigung gemessen werden. Diese Messgröße wird z. B. bei der Bewertung von Humanschwingungen verwendet.

Die Schwingwerte werden für drei vorwählbare Frequenzbereiche ermittelt. Damit werden auch langsam oder sehr schnell laufende Maschinen sicher beurteilt.

Das Schwingungsspektrum von Wälzlagerungen wertet MC 1100 in Form des gSP-Werts nach dem Stoßimpulsverfahren aus. Die Zustandsveränderung der Wälzlagerung wird über die Beobachtung des Messwertrends kontrolliert.

Die Funktionen des MC 1100 können mit der Temperaturmessung und der Messung der Riemenspannung durch den Einsatz entsprechender Sensoren (Optionen) erweitert werden. Damit wird MC 1100 zu einem multifunktionalen Messgerät für die Maschinenüberwachung und -instandhaltung.

3.4.2 Vorteile

- Erfassung der wichtigsten Messgrößen in einem Gerät
- Drehzahlsensor integriert
- portabel
- schnell messbereit
- einfachste Bedienung
- universell einsetzbar
- sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis
- einfache Auswahl der Messaufgabe durch Drücken der jeweiligen Symboltaste

3.5 Schnittstellen und Funktionen am Gerät

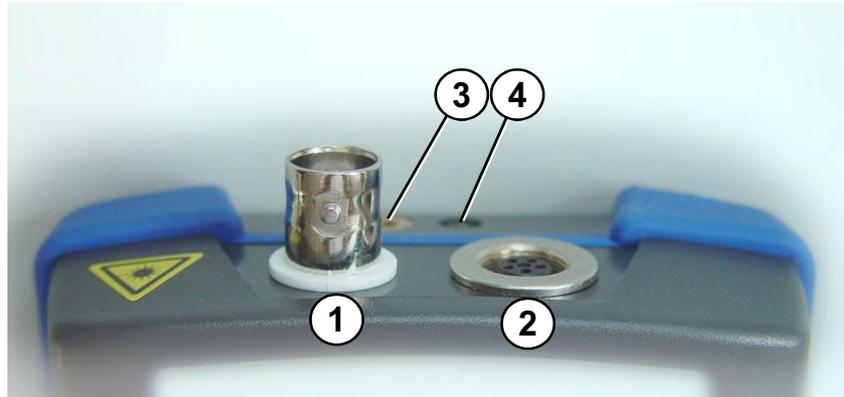


Abb. 3-2: Schnittstellen und Funktionen MachineControl MC 1100 oben

1	Beschleunigungssensor
2	Temperatur- oder Frequenzsensor
3	Laser-Drehzahlsensor (Sender)
4	Laser-Drehzahlsensor (Empfänger)
5	Ladegerät „mascot NiCd/NiMH charger Type 2115“



GEFAHR
Explosionsgefahr!

An der Anschlußbuchse für das Ladegerät darf nur das intelligente Ladegerät mit der Typenbezeichnung „mascot NiCd/NiMH charger Type 2115“ angeschlossen werden. Nichtbeachtung kann zur Zerstörung des Gerätes oder zur Explosion der Akkus führen.



Abb. 3-3: Schnittstelle MachineControl MC 1100 unten

3.6 Messaufbau-Beispiel

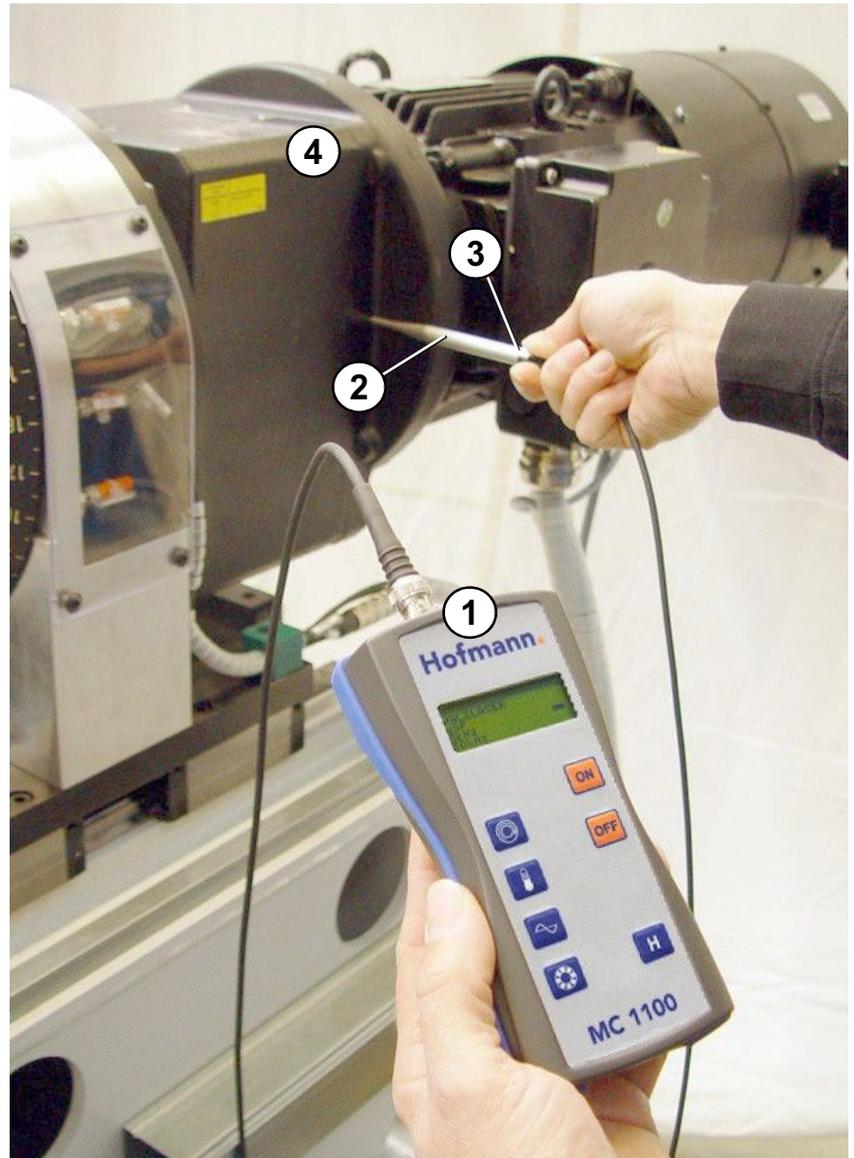
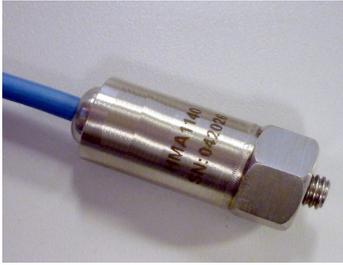


Abb. 3-4: Messaufbau - Beispiel

- 1 - MachineControl MC 1100
- 2 - Tastspitze
- 3 - Schwingungsaufnehmer
- 4 - Maschine / Rotor

3.7 Einrichthinweise

3.7.1 Schwingungsaufnehmer



HMA 11xx/18xx

Der HMA 11xx/18xx ist als Piezo -Schwingungsaufnehmer mit integriertem Ladungsverstärker ausgeführt. Die abgegebene Spannung ist proportional zur Schwingbeschleunigung. Empfindlichkeit: 100 mV/g (HMA 1130/1140/1830) / 500 mV/g (HMA 1135/1835).

i INFORMATION

Das Gerät wird beim Hersteller mit den im Lieferumfang enthaltenen Aufnehmern justiert.

Bei Verwendung anderer als der mitgelieferten Aufnehmer kann die Messwertanzeige vom tatsächlichen Messwert abweichen.

! ACHTUNG

Jedem Gerät liegt ein Test- und Kalibrierzeugnis bei. Es ist nur gültig für die auf dem Zeugnis ausgewiesene Paarung von Gerät und Aufnehmer(n) (siehe Seriennummern).

Bei Austausch eines Aufnehmers sollte das Gerät beim Hersteller erneut justiert werden. Andernfalls muss mit ungenauen Messwerten gerechnet werden.



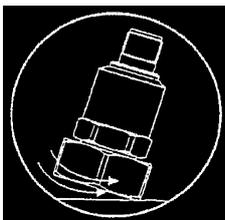
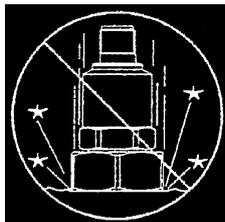
Beim Anschluss von Schwingungsaufnehmern anderer Fabrikate kann die EG-Konformitätserklärung bezüglich Störfestigkeit und Störaussendung ihre Gültigkeit verlieren.

3.7.1.1 Beschleunigungssensoren

i INFORMATION

Auch Beschleunigungssensoren sind für bestimmte Messbereiche ausgelegt. Die Beschleunigungssensoren der Hofmann-Typen 1130/1140, 1135, 1830 und 1835 dürfen keinen größeren Beschleunigungen als 50 g ausgesetzt werden.

Solch hohe Beschleunigungen können auftreten z. B. bei Herunterfallen eines Sensors oder durch unvorsichtiges Aufsetzen mit Hilfe eines Magnetfußes.



! ACHTUNG

Große Beschleunigungskräfte können Sensoren irreparabel zerstören.



Insbesondere beim Applizieren der Sensoren mit Magneten auf das Messobjekt darauf achten, dass die Sensoren „weich“ aufgesetzt werden!

3.7.1.2 Schwingungsaufnehmer positionieren

**GEFAHR****Gefahr durch Einziehen oder Aufwickeln**

Bei der Positionierung darauf achten, dass der Schwingungsaufnehmer oder die Leitungen nicht an/in rotierende Teile geraten. Die Leitungen so anordnen, das ein Einziehen oder Aufwickeln durch rotierende Teile ausgeschlossen ist.

**Schwingungsaufnehmer
befestigen**

- ☞ Bei der Befestigung des Schwingungsaufnehmers an das Maschinen- oder Lagergehäuse auf festen Sitz achten.
- Anschrauben
- Magnetfuß oder -prisma
Auf ebene Auflagefläche achten
- Andrücken
Tastspitze fest andrücken

4 Grundlagen der Bedienung

4.1 Bedienelemente

4.1.1 Anzeige und Tastatur



Pos.	Belegung	Funktion
1		Anzeige
2	ON	Gerät einschalten
3	OFF	Gerät ausschalten
4	[]	Versteckte Taste
5	H	Messwert festhalten (einfrieren)
6		Drehzahl oder Riemenfrequenz messen
7		Temperatur messen
8		Summenwert einer Schwingung messen
9		Wälzlagerzustand messen



4.2 Grundlagen der Bedienung

4.2.1 Startbildschirm

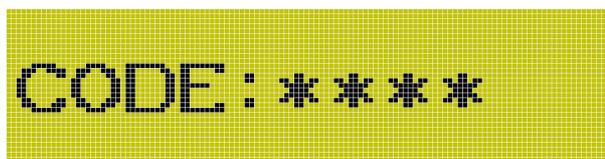
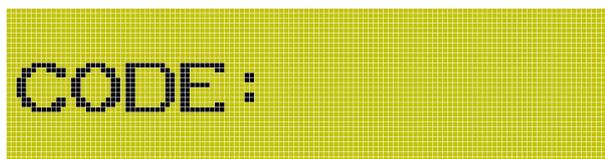
1	Software-Version
---	------------------

- ☞ Der Startbildschirm wird für einige Sekunden angezeigt.
Es folgt ein automatischer Wechsel in die zuletzt gewählte Messaufgabe.

4.2.2 Einstellungen

i INFORMATION

Über eine versteckte Taste auf der Tastatur und einen vierstelligen Code kann der Bediener verschiedene Einstellungen vornehmen.



- ▶ Versteckte Taste drücken.
 - ☞ Fenster zur Eingabe des Codes erscheint.
- ▶ Nacheinander Tasten , , ,  drücken.
 - ☞ Zuerst erscheint die Anzeige für die Einstellung der Empfindlichkeit des Beschleunigungssensors.
- ☞ Weiter: siehe folgende Seite.

- ☞ Der aktuell eingestellte Wert ist invertiert dargestellt.
- ▶ Mit Taste  Einstellungen durchschalten.
- ▶ Mit Taste  Weiterschalten.
- ▶ Bei Bedarf mit Taste  aktuellen Wert als neue Einstellung bestätigen und zum nächsten Parameter wechseln.

Es folgen nacheinander:



Parameter	Einstellungen
Sensor	Messgeberempfindlichkeit einstellen: 20, 100, 500 mV/g
Filter	Filter für Messwertmittelung (bei stark schwankenden Messungen) einstellen: Q=5, 10, 20
Trummeter	Triggerpegel (Erkennungsempfindlichkeit; hoch: maximal, niedrig: minimal) einstellen: TS=Hoch, Mittel, Niedrig
Beschleun.	Messgröße für die Anzeige des Beschleunigungswerts einstellen: als:(m/s ²), (g)
Sprache	Bediensprache einstellen: Deutsch, Englisch, Spanisch, Französisch, Italienisch

- ▶ Mit Taste  Weiterschalten, bis die Funktion „Einstellungen“ verlassen wird.

4.2.2.1 Einheiten

- ☞ In einzelnen Messaufgaben stehen verschiedene Frequenzbänder und Anzeigeeinheiten zur Verfügung.
- ▶ Entsprechende Messtaste wiederholt drücken.

4.3 Wiederkehrende Bedienaufgaben

Gerät einschalten ▶ Taste **ON** drücken.

Gerät ausschalten ▶ Taste **OFF** drücken.

Aktuellen Messwert festhalten ▶ Taste **H** drücken.



↳ Der momentan angezeigte Messwert wird „eingefroren“ und invertiert („Weiß auf Schwarz“) dargestellt.

Messung fortführen:

▶ Taste mit entsprechender Messaufgabe erneut drücken.

↳ Das Festhalten des Messwertes wird aufgehoben und die zuvor ausgeführte Messaufgabe fortgeführt.

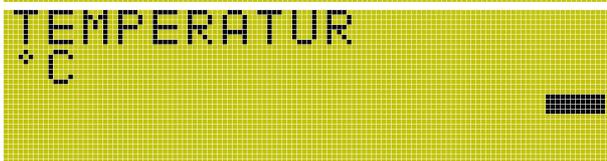
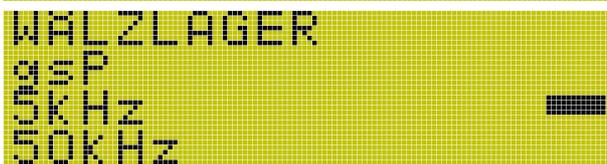
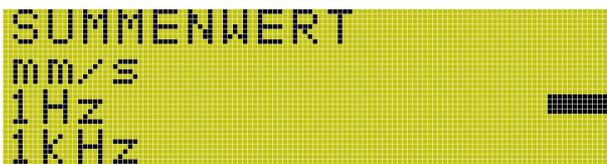
4.4 Sensorerkennung

i INFORMATION

Alle Sensoren, die extern angeschlossen werden können, unterliegen einer Sensorüberwachung. Das Gerät prüft nach gewählter Messaufgabe, ob ein Sensor am Gerät angeschlossen ist.

↳ Nebenstehende Anzeigen erscheinen je nach Messaufgabe, wenn sich kein oder ein nicht funktionsfähiger Sensor am jeweiligen Messzugang befindet.

▶ Passenden Sensor bzw. funktionsfähigen Sensor anschließen.



5 Bedienung

5.1 Summenschwingung

i INFORMATION

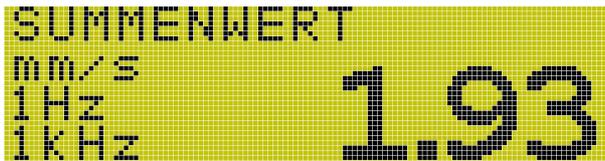
Die Summenschwingungsmessung kann in drei verschiedenen Frequenzbändern durchgeführt werden. Sie wird als Geschwindigkeitswert in mm/s_{eff} oder Beschleunigungswert $\text{m/s}^2_{\text{eff}}$ angezeigt. Der Beschleunigungswert lässt sich im Bedienermenü auf g_{eff} umstellen.

Vorbereitungen

Schwingungsaufnehmer ist angeschlossen.

- ▶ Sicherheitseinrichtungen schließen.
- ☞ Sicherheitshinweise beachten - Kapitel 2.

Messung durchführen



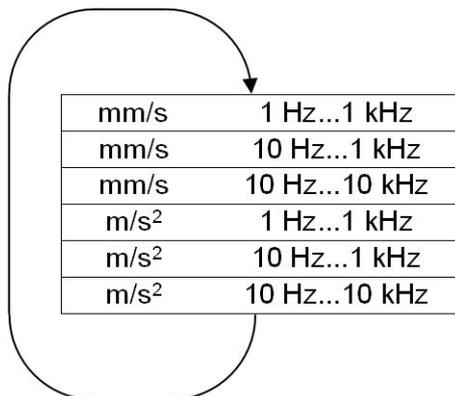
- ▶ Antrieb der Maschine einschalten.
- ▶ Taste drücken.

☞ Die Messung startet in der zuletzt verwendeten Anzeige (Frequenzband und Anzeigeeinheit).

5.1.1 Anzeige wählen

- ▶ Taste wiederholt drücken.
- ☞ Ausgehend von der zuletzt verwendeten Anzeige schaltet die Anzeige nach nebenstehender Reihenfolge mit jedem Tastendruck weiter.

Frequenzband und Anzeigeeinheit wechseln



i INFORMATION

Das Frequenzband 10 Hz - 1 kHz findet Verwendung für die Beurteilung von Maschinenschwingungen nach DIN 10816-3.

5.2 Wälzlagerzustand

INFORMATION

Die Wälzlager Stoßimpulsmessung erfolgt im Frequenzband von 5 kHz - 50 kHz. Sie wird als Beschleunigungswert in gSP angezeigt.

Vorbereitungen

Schwingungsaufnehmer ist angeschlossen.

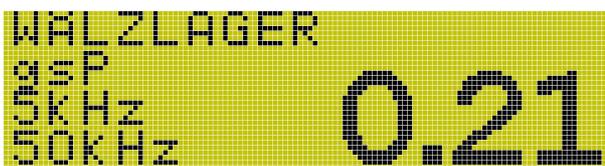
- ▶ Sicherheitseinrichtungen schließen.
- ☞ Sicherheitshinweise beachten - Kapitel 2.

Messung durchführen

- ▶ Antrieb der Maschine einschalten.

- ▶ Taste  drücken.

☞ Die Messung startet.



WÄLZLAGER
gSP
5kHz
50kHz
0.21

5.3 Temperatur

i INFORMATION

Die Anzeige der Temperaturmessung kann in den Einheiten °C oder °F erfolgen.

Vorbereitungen

Temperatursensor ist angeschlossen.

Messung durchführen

▶ Temperatursensor auf Objekt halten.

▶ Taste  drücken.

↪ Die Messung startet.



Anzeigeeinheit wechseln

▶ Taste  wiederholt drücken.

↪ Die Anzeige wechselt mit jedem Tastendruck zwischen °C und °F.

5.4 Drehzahl

i INFORMATION

Die Anzeige der Drehzahl erfolgt in 1/min oder Hz.



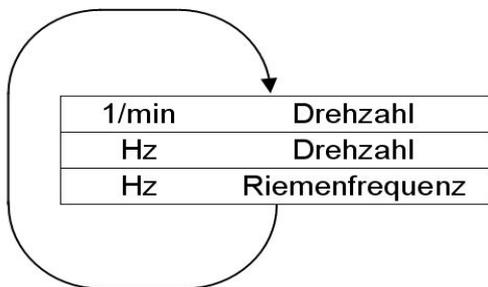
GEFAHR Laserstrahl

Direkten Blickkontakt in den Lichtstrahl oder über spiegelnde Flächen vermeiden!

Warnhinweis der Gefahrenklasse beachten und nicht entfernen!

i INFORMATION

Vorsichtsmaßnahmen sind nur nötig, um ein andauerndes direktes Blicken in den Strahl zu verhindern; eine kurzdauernde (0,25s) Bestrahlung, wie sie bei zufälligem hineinblicken eintreten kann, wird nicht als gefährlich erachtet. Dennoch sollte der Laserstrahl nicht absichtlich auf Personen gerichtet werden.



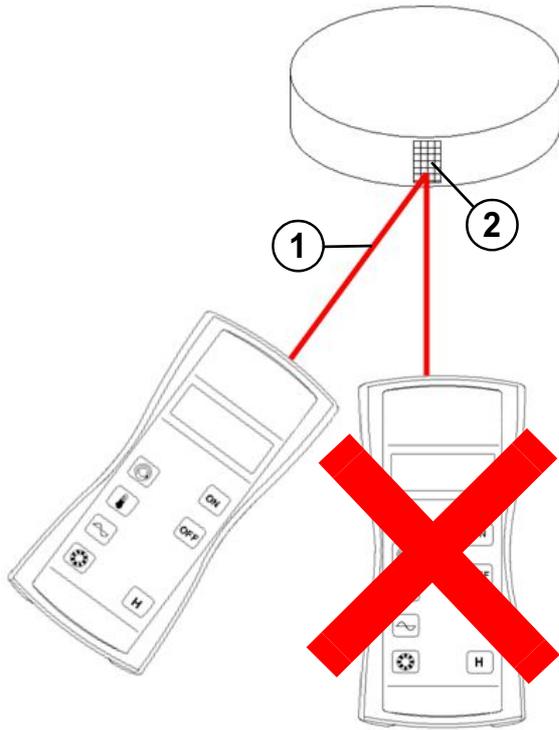
DREHZAHL
1/
min 64250

5.4.1 Messung wählen

- ▶ Taste  wiederholt drücken.
- ↳ Ausgehend von der zuletzt verwendeten Anzeige schaltet die Anzeige nach nebenstehender Reihenfolge mit jedem Tastendruck weiter.

5.4.2 Drehzahlmessung durchführen

- ▶ Taste  drücken.
- ↳ Der integrierte Laser wird angeschaltet.
- ▶ Laserstrahl auf Objekt richten.



5.4.3 Hinweise für erfolgreiche Drehzahlmessungen

- ☞ Helles Tages- oder Sonnenlicht in der Umgebung vermeiden. Gerät immer so ausrichten, dass helle Lichtquellen nicht auf den Laserlichtempfänger wirken können.
- ☞ Bei reflektierendem Unter- / Hintergrund Gerät nicht zu weit weg und Laserstrahl (1) nicht direkt auf den Reflektor (2) richten (z. B. im Winkel von 30°, siehe Bild).
- ☞ Der Abstand zur Abtastmarke sollte nicht kleiner als 30 cm und nicht größer als 180 cm sein.
- ☞ Sicherstellen, dass die Fläche, auf dem sich das aufgeklebte Reflexionsband befindet, sauber ist und nicht zu stark reflektiert.
- ☞ Bohrungen und Verschmutzungen können zu einem falschen Ergebnis führen.
- ☞ Zum Messen nur das dafür vorgesehene Reflexionsband verwenden.

5.5 Riemenfrequenz

i INFORMATION

Die Riemenfrequenz wird in Hz angezeigt.

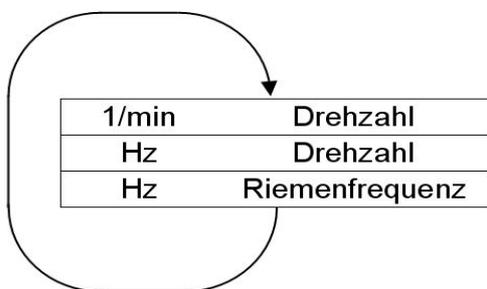


GEFAHR

Quetschgefahr, Einzugsgefahr

Messungen nur bei Stillstand des Riemenantriebes durchführen!

Vorbereitungen



Frequenzsensor ist angeschlossen,
Riemen steht still.

5.5.1 Messung wählen

- ▶ Taste  ggf. wiederholt drücken, bis Riemenfrequenzmessung erscheint.
- ↳ Ausgehend von der zuletzt verwendeten Anzeige schaltet die Anzeige nach nebenstehender Reihenfolge mit jedem Tastendruck weiter.

5.5.2 Riemenfrequenzmessung durchführen

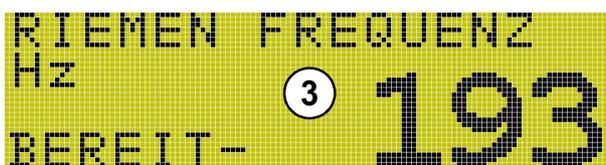
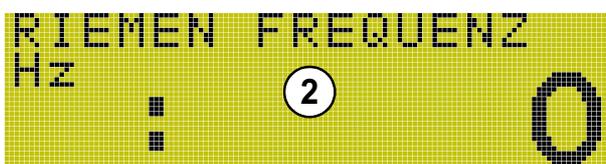
i INFORMATION

Das Gerät wartet auf ein Triggersignal (das durch die Erregung des Riemens erfolgt), bevor eine gültige Messung angezeigt wird.

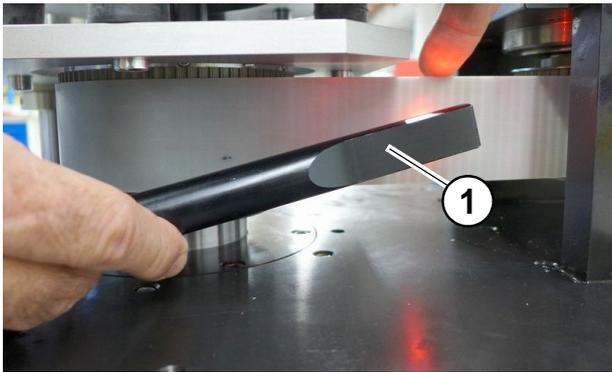
- ↳ Die Bereitschaft zur Riemenfrequenzmessung wird angezeigt (1).
- ▶ Frequenzsensor ausrichten.
- ▶ Riemen durch Anschlagen oder Anzupfen zum Schwingen anregen.
- ↳ Erkennt das Gerät eine Schwingung, erscheint nebenstehende Anzeige (2).
- ↳ Nach erfolgreicher Messung zeigt das Gerät die Schwingfrequenz des Riemens in Hz an (3).

i INFORMATION

Sollte nach 3 Versuchen keine erfolgreiche Messung zustande kommen, muss eventuell die Triggerempfindlichkeit im Bedienermenü geändert werden.



5.5.3 Hinweise für erfolgreiche Riemenfrequenzmessungen



i INFORMATION

Die Riemenfrequenzmessung dient der Erkennung der Riemen Spannung.

Um genaue und wiederholbare Messungen zu erreichen, sollten die folgenden Hinweise beachtet werden:

Nachdem der Riemen durch „Zupfen“ zum Schwingen angeregt wurde:

- ☞ Frequenzsensor (1) im Abstand von ca. 1...2 cm (je nach eingestellter Empfindlichkeit) zum Riemen - in der Mitte zwischen den Riemen-scheiben - ruhig halten.

Bei sehr schlechten Bedingungen Reflexionsband verwenden.

Trumkraft berechnen

Über die gemessene Riemenfrequenz f ist es möglich, die Trumkraft zu berechnen.

$$\text{Trumkraft } T \text{ (in N)} = 4 * \text{RM} * \text{FRL}^2 * f^2$$

FRL	freie Riemenlänge in m
RM	Riemenmasse in kg/m
f	Riemenfrequenz (Trumfrequenz) in Hz

6 Instandhaltung

Bat: 50%
3.45V



! ACHTUNG

Kein Betrieb möglich, während das Ladegerät angeschlossen ist.

6.1 Ladezustand prüfen

- ▶ Versteckte Taste drücken.
 - ↪ Fenster zur Eingabe eines Codes erscheint.
- ▶ Versteckte Taste erneut drücken.
 - ↪ Die Akkukapazität in Prozent und die Batteriespannung in Volt werden angezeigt.
- ▶ Versteckte Taste erneut drücken.
 - ↪ Rückkehr zur zuletzt gewählten Messaufgabe.

6.2 Akkus laden



GEFAHR Explosionsgefahr

Bei Verwendung von nicht wieder aufladbaren Batterien ist die Benutzung des Ladegeräts nicht gestattet!

An der Anschlussbuchse für das Ladegerät darf nur das intelligente Ladegerät mit der Typenbezeichnung „mascot NiCd/NiMH charger Type 2115“ angeschlossen werden. Nichtbeachtung kann zur Zerstörung des Gerätes oder zur Explosion der Akkus führen.

- ▶ Ladegerät (1) anschließen.
- ☞ Ladezeit ca. 3 h
- ☞ Während einer Messung darf das Ladegerät weder angeschlossen, noch eine vorhandene Verbindung unterbrochen werden.

! ACHTUNG

Beim Entfernen des Ladegerätes immer zuerst den Niederspannungsstecker am Gerät herausziehen. Erst danach das Ladegerät vom Netz trennen.

6.2.1 LED-Anzeigen des Ladeegerätes

LED	Bedeutung
Gelb	Akku nicht angeschlossen
Gelb	Akku-Initialisierung und -Analyse
Orange	Schnellladevorgang
Grün mit gelbem blinkendem Licht	Zwischenmodus mit geringerer Ladepannung
Grün	Erhaltungsladungs-Modus
Abwechselnd orange - grün flackernd	Fehler

6.3 Akkus tauschen



GEFAHR
Explosionsgefahr

Bei Verwendung von nicht wieder aufladbaren Batterien ist die Benutzung des Ladeegeräts nicht gestattet!

3 Akkus	Typ AA, NiMH 1,2 V min. 2700 mAh
---------	--

- ▶ Kreuzschlitzschrauben (1) lösen.
- ▶ Akkufach öffnen.
- ▶ Akkus austauschen.

! ACHTUNG

Auf richtigen Typ und Polung achten!

6.4 Pflege

Anzeige reinigen

- ☞ Nur spezielle Monitor-Reinigungsmittel und weiche Tücher oder Brillenputztücher verwenden!
- ▶ Oberfläche mit einem nur leicht getränkten Tuch abwischen.
- ▶ Bei Bedarf mit einem weichen Tuch trocken reiben.

7 Technische Daten

7.1 MachineControl MC 1100

7.1.1 Messbereiche

Summenwert / Wälzlagerzustand	0...999.9
Temperatur	0...200
Drehzahl	30...200.000
Riemenfrequenz	10...1.000

7.1.2 Messgrößen

Summenwert.....	mm/s, m/s ² , g
Wälzlagerzustand	gSP
Temperatur	°C, °F
Drehzahl	1/min, Hz
Riemenfrequenz	Hz

7.1.3 Frequenzbereiche

Summenwert.....	1 Hz...1 kHz, 10 Hz...1 kHz, 10 Hz... 10 kHz
Wälzlagerzustand	5 kHz...50 kHz
Riemenfrequenz	10 Hz...1 kHz

7.1.4 Versorgung

Akkus	NiMH 3 x 2700 mAh
Betriebsdauer	bis zu 6 h
Ladezeit	ca. 3 h

7.1.5 Laser

Klasse	2
Leistung	< 1 mW

7.1.6 Abmessungen / Gewicht

Gehäuse	80 x 160 x 40 mm
Gewicht.....	350 g

7.2 Schwingungsaufnehmer

Beschleunigungsaufnehmer HMA 1130/1140 / HMA 1135

Messbereich $\pm 50 \text{ g} / \pm 10 \text{ g}$
Empfindlichkeit..... $100 \text{ mV/g} \pm 10\% / 500 \text{ mV/g} \pm 10\%$
max. Beschleunigung $50 / 10 \text{ g}$
Resonanzfrequenz..... 22 kHz nominal
Arbeitstemperatur $- 25... + 120^\circ\text{C}$
Gehäuse zylindrisch
Gehäusematerial Edelstahl
Schutzart..... IP 67
Gewicht (ohne Kabel) HMA 1135 ca. 80 Gramm
Gewicht (ohne Kabel) HMA 1130/1140 ... ca. 30 Gramm

7.3 Frequenzsensor

Abtastabstand ca. 10 bis 20 mm
Temperaturbereich 0 bis $+70^\circ\text{C}$
Lichtquelle..... Lampe, rot

8 Begriffe

8.1 Signaldefinitionen

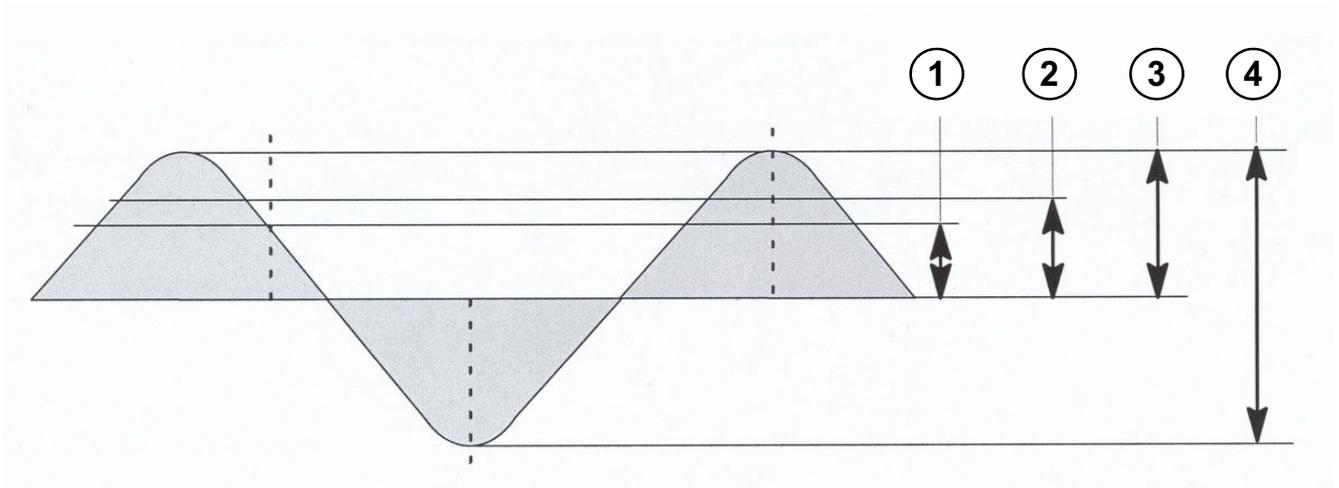


Abb. 8-5: Signaldefinitionen

Bei rein sinus-förmigen Signalen gilt:

1	Mittelwert	=	0,637	×	Spitzenwert
2	Effektivwert	=	0,707	×	Spitzenwert
3	Spitzenwert	=	1,414	×	Effektivwert
4	Spitze-Spitze-Wert	=	2	×	Spitzenwert
4	Spitze-Spitze-Wert	=	2,828	×	Effektivwert

☞ Alle Schwingungsmessungen des Gerätes geben den Effektivwert aus.

8.2 Umrechnungen

Frequenz f (Hz)

1 Hz	=	1	s ⁻¹
1 Hz	=	6,283	rad/s
1 Hz	=	60	Umdrehungen/min
0,0167 Hz	=	1	Umdrehungen/min

Beschleunigung a (m/s²)

1 g	=	9,807	m/s ²
1 g	=	32,174	ft/s ²
1 in/s ²	=	0,0254	m/s ²

Geschwindigkeit v (m/s)

1 m/s	=	1000	mm/s
1 in/s	=	25,4	mm/s

Nomogramm zur Ermittlung von Schwingweg, Schwinggeschwindigkeit und Schwingbeschleunigung in Abhängigkeit von der Frequenz bzw. Drehzahl:

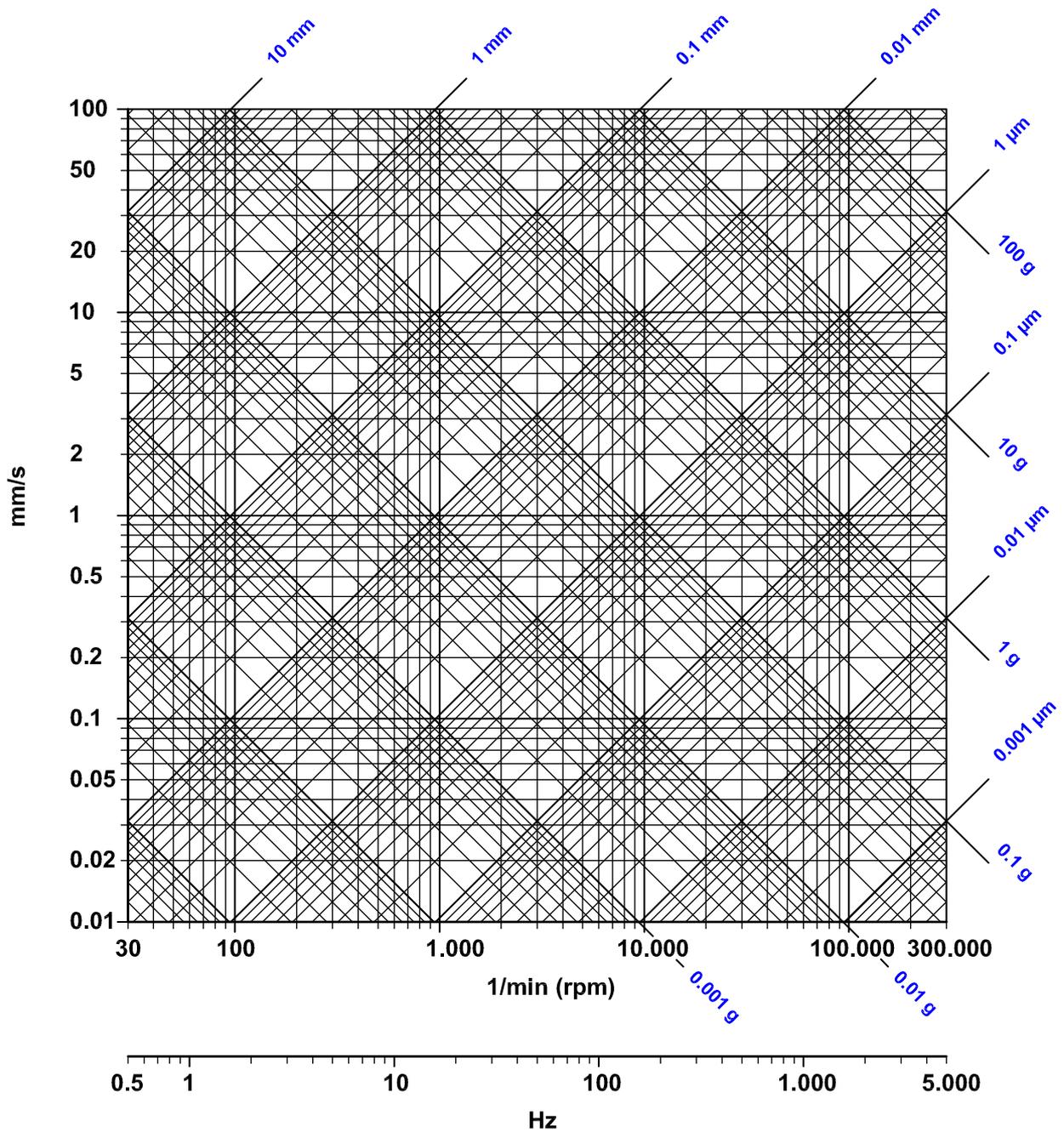


Abb. 8-6: Nomogramm

9 Auswertung

9.1 Schwingungsmessungen durchführen

Messorte in der Nähe der Lagerstellen auswählen.

Schwingungsaufnehmer dürfen in beliebiger Richtung am Lager- oder Maschinengehäuse angebracht werden. Aufnehmer nicht auf elastische Teile (z.B. Abdeckungen) setzen, da Messwerte sonst verfälscht werden.

Bei Maschinen mit horizontaler Achse werden Messungen üblicherweise in horizontaler und vertikaler Richtung durchgeführt.

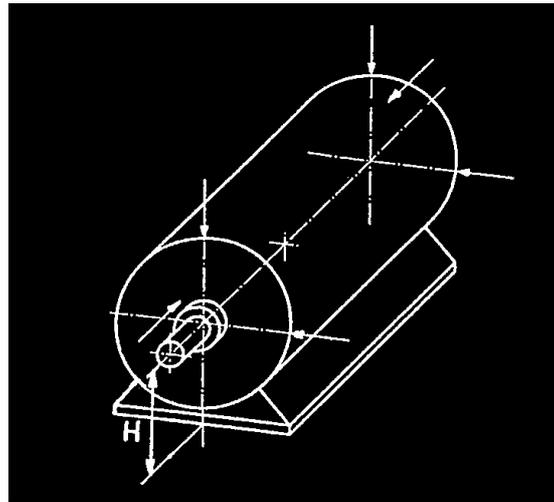


Abb. 9-7: Messorte und -richtungen bei horizontaler Maschinenachse nach [4]

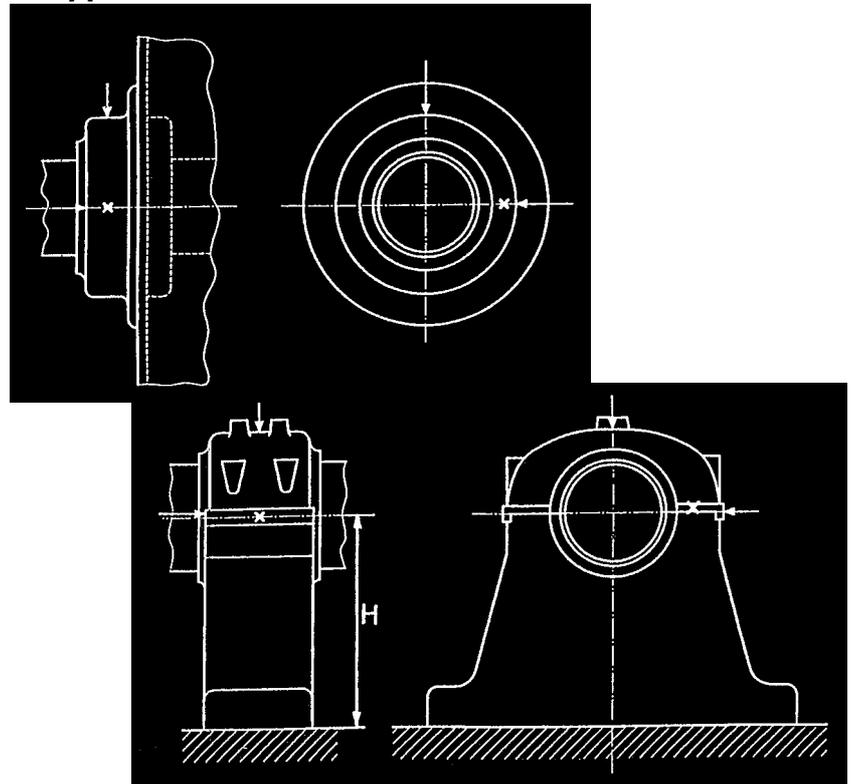


Abb. 9-8: Messorte und -richtungen an einem Lagergehäuse bzw. Lagerbock nach [4]

Bei vertikaler Wellenanordnung die Aufnehmer in Richtung der größten Elastizität anordnen, da hier die größte Schwingung zu erwarten ist.

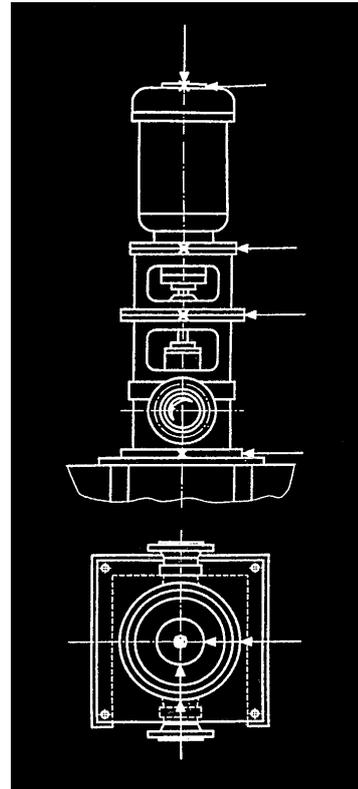


Abb. 9-9: Messorte und -richtungen bei vertikaler Wellenanordnung nach [4]

Es ist zu empfehlen, auch die axialen Schwingungen zu erfassen.

Es genügt ein Messort, wenn bekannt ist, dass dort die größten Schwingungen auftreten.

Messorte, -richtungen und Art der Aufnehmer protokollieren.

Messorte an der Maschine für Wiederholmessungen markieren.

Aufnehmer über Magnetfüße so anbringen, dass sie gut mit der Messstelle verbunden sind und nicht wackeln.

Bei unmagnetischen Messorten Aufnehmer anschrauben oder kleben.

Bei Wiederhol- bzw. Vergleichsmessungen gleiche Messorte verwenden und bei immer gleichem Maschinenzustand (Drehzahl, Temperatur, Druck etc.) messen.

Maschinenschwingungen in regelmäßigen Zeitintervallen messen, um anwachsende Schwingungen zu erkennen.

9.2 Summenwertmessung

Einsatzbereich Die Summenwertmessung ist geeignet, den Schwingungszustand einer Maschine zu kontrollieren und zu überwachen.

Die derzeit gültigen Normen für die Bewertung von Maschinenschwingungen sind DIN ISO 10816 (Lagerschwingungen) und DIN ISO 7919 (Wellenschwingungen).

In den meisten Fällen reicht die Schwinggeschwindigkeit aus, die Stärke der Schwingungen in einem weiten Betriebsdrehzahlbereich zu beschreiben. Um zu verhindern, dass ein Drehzahl unabhängiger Grenzwert z.B. bei niedrigen Drehzahlen zu unzulässig hohen Schwingungen führt, haben auf der Schwinggeschwindigkeit basierende Bewertungskriterien grundsätzlich die folgende Form:

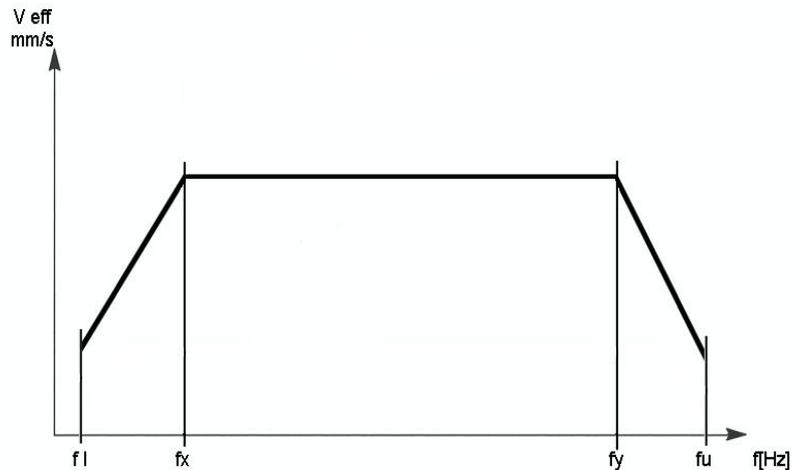


Abb. 9-10: Grundsätzlicher Verlauf der Schwinggeschwindigkeit als Bewertungsgröße

Der Effektivwert der Schwingung wird breitbandig in einem Frequenzbereich gemessen, der mindestens von 10 Hz bis 1000 Hz reicht.

Für die Beurteilung einer Maschine reicht es aus, den Effektiv- oder Summenwert der Schwinggeschwindigkeit mit dem zulässigen Wert (in Abb. 9-10: Grenzwert zwischen f_x und f_y) zu vergleichen. Der Effektiv- oder Summenwert stellt dabei eine breitbandige Auswertung des i.a. viele Frequenzanteile enthaltenen Schwingungsspektrums dar.

Zulässige Schwingungsstärken sind von der Art der Maschine und deren Zustand abhängig. Deshalb fasst DIN 10816-1 die Maschinen in vier Klassen zusammen.

DIN ISO 10816

DIN ISO 10816-1	
Klasse	Definition
I	Kleine Maschinen, insbesondere serienmäßig hergestellte Elektromotoren bis ca. 15 kW.
II	Mittlere Maschinen, insbesondere Elektromotoren von 15 kW ⇒ 75 kW, ohne besondere Fundamente.
III	Größere Kraft- und Arbeitsmaschinen auf hoch abgestimmten oder schweren Fundamenten.
IV	Größere Kraft- und Arbeitsmaschinen auf tief abgestimmten Fundamenten (Turbomaschinen).

Abhängig von diesen Maschinenklassen wurden nun entsprechende Grenzwerte für den Effektiv- oder Summenwert der Schwinggeschwindigkeit festgelegt:

Effektivwert der Schwinggeschwindigkeit mm/s	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	
0,28	A	A	A	A	
0,45					
0,71					
1,12	B	B	B	B	
1,8					
2,8	C	C	C	B	
4,5					
7,1	D	D	C	C	
11,2					
18			D	D	D
28					
45					

Abb. 9-11: Beurteilungsstufen nach DIN ISO 10816-1

A	neu in Betrieb gesetzt
B	brauchbar für Dauerbetrieb
C	unbrauchbar für Dauerbetrieb
D	unzulässig

Beurteilung von Schwingungsmesswerten

Die in der DIN ISO 10816-1 bis 6 enthaltenen Beurteilungs- und Grenzwerte für Maschinenschwingungen sind Betriebsrichtwerte, die sich auf die dynamische Dauerbelastbarkeit der gesamten Maschinenkonstruktion beziehen. Sie gelten für den kompletten Maschinensatz, am Aufstellort und unter Betriebsbedingungen. Diese Beurteilungs- und Grenzwerte sind aus Erfahrung gewonnene und statistisch aufbereitete Richtwerte; sie sind, wie alle Erfahrungswerte in ihren absoluten Größen weder physikalisch begründbar noch mathematisch beweisbar. Abweichungen und Ausnahmen in Einzelfällen sind daher möglich.

Bei der Schwingungsbeurteilung von Werkzeugmaschinen ist die dynamische Dauerbelastbarkeit normalerweise nicht von Interesse, hier gelten meist andere Kriterien. Das Schwingungsverhalten einer Werkzeugmaschine soll so gut sein, dass beim Bearbeitungsvorgang z.B. keine Rattermarken auf der Oberfläche der bearbeiteten Werkstücke entstehen. Dieses Kriterium führt dann zu einer wesentlich höheren Anforderung an das Schwingungsverhalten der jeweiligen Maschine. Zwar existieren noch keine offiziellen Normen oder Richtlinien, basierend auf diversen Erfahrungen können jedoch folgende Richtwerte genannt werden:

Schleifmaschinen	< 0,4 mm/s Veff
Drehautomaten	< 0,8 mm/s Veff
Feinbohrwerke	< 0,8 mm/s Veff

9.2.1 Zulässige Schwingstärken

Beim Auswuchten in der Fertigung werden die Auswuchttoleranzen im allgemeinen nach DIN ISO 1940-1 vorgegeben.

Beim Betriebsauswuchten werden zulässige Schwingstärken zum Beispiel nach DIN ISO 10816-1 bis -6 definiert (siehe Kapitel Auswertung - Summenwertmessung).

Oft erfolgt das Betriebsauswuchten bis an die Auflösungsgrenze des Auswuchtgeräts. Beim anschließenden Kontrolllauf ergeben sich dann relativ große Schwankungen des Schwingungswertes. Um fehlerhafte Ergebnisse auszuschließen, kann ein Testgewicht angebracht werden. Dieses muss dann nach Größe und Winkellage richtig angezeigt werden. Das Testgewicht sollte danach wieder entfernt werden.

Die nach dem letzten Kontrolllauf angezeigte Restunwucht kann benutzt werden, um die erreichte Auswuchtgüte nach DIN ISO 1940-1 zu berechnen.

9.3 Beurteilung des Wälzlagerzustandes

Da sich erfahrungsgemäß die Entwicklung eines Wälzlagerschadens bei Maschinen, die im Dauerbetrieb laufen, über wenige Monate hinzieht, wird für die rechtzeitige Erkennung einer solchen Schadensentwicklung mit Hilfe der Trendbeobachtung ein Messzyklus von zwei Wochen empfohlen. Es sind aber auch andere Zyklen, z.B. eine Woche oder vier Wochen möglich. Die Treffsicherheit bei Wälzlagerschäden wird erhöht, wenn an einem neuen Lager begonnen wird. Die Schadensphase ist dann erreicht wenn die Messwerte etwa um den Faktor 10 bis 20 angewachsen sind.

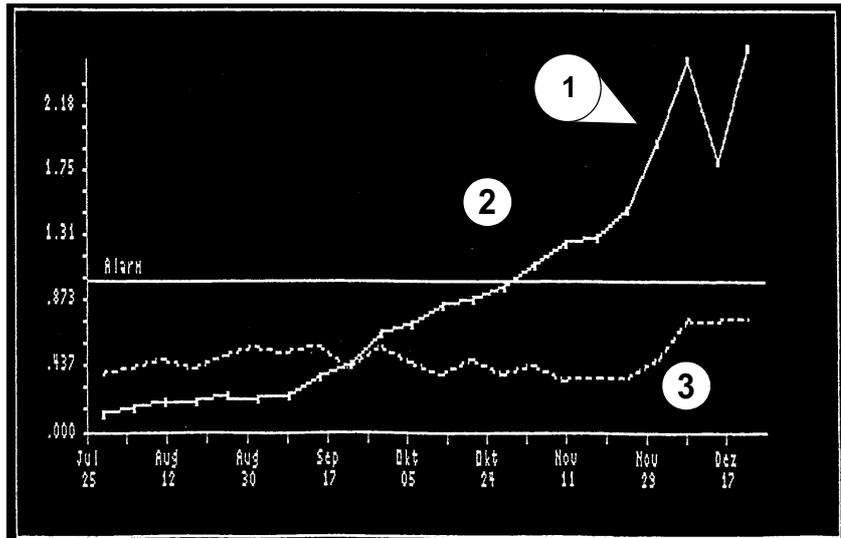


Abb. 9-12: Trend von Summenschwingung und gSP-Wert an einem Pumpenlager; Lagerschaden Anfang Dezember.

1	Lagerschaden
2	Spike-Energy
3	Schwinggeschwindigkeit

Zur Messung des gSP-Wertes wird empfohlen, den Beschleunigungsaufnehmer HMA 1130/1140 mit Hilfe einer Tastspitze auf den Messpunkt zu drücken. Die so ermittelten Werte stimmen im allgemeinen nicht mit Messwerten überein, die durch Anschrauben oder Befestigen mittels eines Magnetfußes gemessen wurden. Dies ist auf die unterschiedlichen Übertragungsmechanismen der Schwingungen im kHz- Bereich bei den unterschiedlichen Aufnehmerbefestigungen zurückzuführen. Trotzdem kann aber auch das Messen mit direkt am Messpunkt befestigten Beschleunigungsaufnehmern eingesetzt werden, wenn man immer wieder die gleichen Messbedingungen einhält und eine Trendbeobachtung durchführt.

Gerade bei der Messung des gSP -Wertes ist darauf zu achten, dass die Messung immer wieder unter den gleichen Bedingungen (Messaufbau, Aufnehmerbefestigung, Messort und -richtung) durchgeführt wird. Es ist nach Möglichkeit in der Radialebene des Lagers zu messen, Abb. 9-13:.

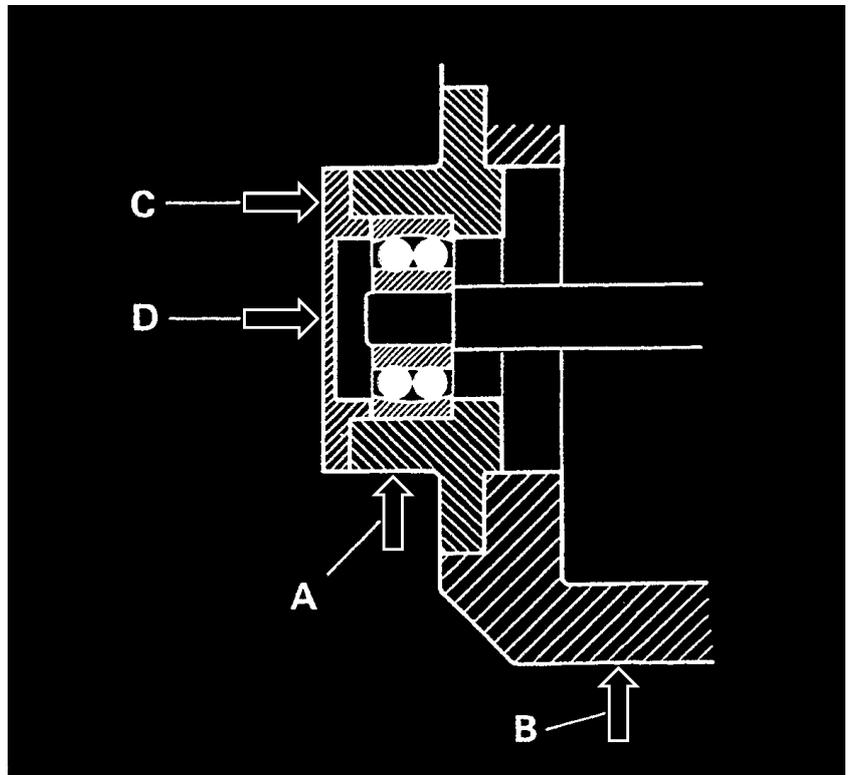
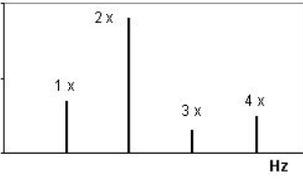
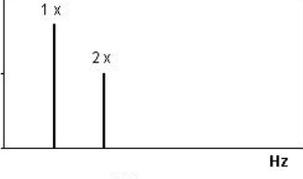
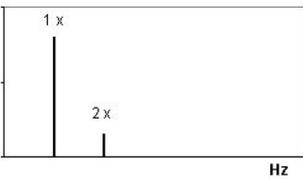
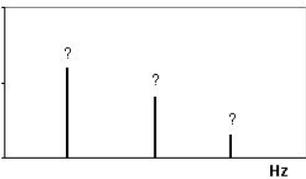
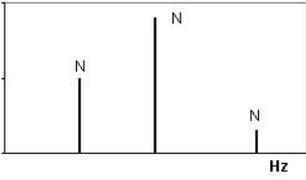
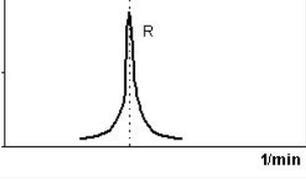
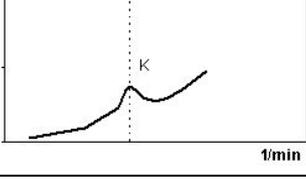
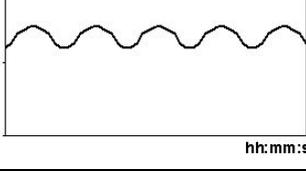


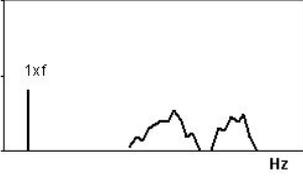
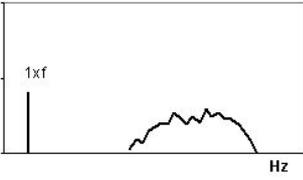
Abb. 9-13: Günstiger Messpunkt (A) und ungünstige Messpunkte (B,C,D) zur Ermittlung des gSP-Wertes.

9.4 Interpretation von Schwingungsmessungen

Mögliche Ursache	Anmerkung	Erscheinungsbild	Bestätigung der Ursache
Schwingungen mit der Maschinendrehzahl 1x f			
Unwucht	Hohe radiale und niedrige axiale Schwingungen bei zwischen den Lagern angeordneten Rotoren.		Auswuchten
	Hohe radiale und hohe axiale Schwingungen bei überhängenden Rotoren.		
Magnetischer Zug bei elektrischen Maschinen - unrunder Rotor - exzentrische Lagerzapfen - verbogener Rotor - gebrochene Wicklung	Hohe radiale und niedrige axiale Schwingung	<p>hor / ver</p>	Rundlauf und Spiel messen.
	Eventuell auch einfache und doppelte Netzfrequenz		Schwingung verschwindet beim Abschalten.
Magnetischer Zug bei elektrischen Maschinen - axialer Versatz	Hohe radiale und hohe axiale Schwingung		Axiale Position von Rotor zu Stator kontrollieren.
			Schwingung verschwindet beim Abschalten.
Plan- und Zentrierfehler bei Kupplungen	Hohe radiale und hohe axiale Schwingung		Ausrichtung überprüfen.
	Oft Anteil mit 2 x f, seltener 3 x f bei Kupplungen mit elastischen Zwischenelementen		
verbogene Welle	siehe Plan- und Zentrierfehler bei Kupplungen		Rundlauf überprüfen.
Lagerversatz	siehe Plan- und Zentrierfehler bei Kupplungen		Ausrichtung der Lagersitze überprüfen.
Exzentrizität Riemenscheibe	Hohe radiale und niedrige axiale Schwingung		Rundlauf überprüfen
	Höchste Amplitude in Richtung Wellenmitten		
Exzentrizität Zahnrad	siehe Exzentrizität Riemenscheibe		Rundlauf überprüfen.
	Zahneingriffsfrequenz T mit 1 x f Seitenbändern		

Mögliche Ursache	Anmerkung	Erscheinungsbild	Bestätigung der Ursache
Zahnfehler	Hohe radiale und niedrige axiale Schwingung		Getriebestufen überprüfen.
	Oft auch $2 \times f$ - und $3 \times f$ -Anteile		
Schwingungen mit doppelter Netzfrequenz			
Unrunde Statorbohrung bzw. Rotorversatz	Hohe radiale und niedrige axiale Schwingung		Rundlauf und Spiel überprüfen.
			Schwingung verschwindet beim Abschalten.
Schwingungen mit mehrfacher Drehfrequenz			
Lose	Hohe radiale und niedrige axiale $2 \times f$ -Schwingung		Verbindungen überprüfen.
	Oft auch $1 \times$, $3 \times$ und $4 \times f$ -Anteile		
Plan- und Zentrierfehler bei Kupplungen	Hohe radiale und axiale $1 \times f$ -Anteile	<p>hor/ver</p>  <p>ax</p> 	Ausrichtung überprüfen.
	Zusätzlich hoher radialer $2 \times f$ -Anteil		
Rotoranisotropie, stark genuteter Rotor	$2 \times f$ -Anteil		nur bei horizontalen Wellen.
			Drehzahlabhängiger statischer Durchhang
Welle mit Riss	$2 \times f$ -Anteil		Schwierigkeiten beim Auswuchten.
	auch $3 \times f$ -Anteil		
Schwingungen bei Teilen der Drehfrequenz			
Anstreifen	Leichtes periodisches Anstreifen zeigt sich an Schwingungsanteilen mit $1/4 \times$, $1/3 \times$, $1/2 \times$, $2/3 \times$ und $1 \times f$		Spiel, Versatz und Rundlauf kontrollieren.
	Auch $1/2 \times$, $1 \times$, $11/2 \times$ und $2 \times f$ möglich		Langsames Driften der Phasenlage.
Gleitlagerinstabilität	Schwingung mit $0,4 \times$ bis $0,5 \times f$		Öltemperatur und damit Ölviskosität ändern.
			Weiter Maßnahmen durch Maschinenhersteller

Mögliche Ursache	Anmerkung	Erscheinungsbild	Bestätigung der Ursache
Schwingungen ohne unmittelbaren Bezug zur Maschinenfrequenz			
Hintergrundschwingungen	Schwingungsquelle auch außerhalb der Maschine		Maschine abschalten und verbleibende Schwingung messen.
Eigenfrequenzen N	Frequenz N durch Maschinenkonstruktion vorgegeben		Eigenfrequenz durch Anschlagen mit einem Hammer anregen.
Resonanz R	Erregerfrequenz (z.B. Drehfrequenz) fällt mit Eigenfrequenz zusammen		Bei Drehzahländerung nehmen Schwingungen in Resonanznähe stark zu.
	Frequenz ändert sich nicht mit der Drehzahl / Drehfrequenz		
Kritische Drehzahl K	Maschinenwelle biegt aus		siehe Resonanz.
Schwebung	Fallende und wieder ansteigende Schwingung durch Überlagerung zweier Schwingungen mit annähernd gleicher Frequenz		Aufzeichnung der Schwingung über die Zeit.
Selbsterregende Schwingungen durch - Gleitlager - Dichtungen - Welle-Nabe-Verbindung			Schwingfrequenz ändert sich bei Variation der Drehzahl nicht.
			Bei niedrigen Drehzahlen im wesentlichen 1 x f - Anteil.
			Ab bestimmter Drehfrequenz dominiert Frequenz der selbsterregten Schwingung.

Mögliche Ursache	Anmerkung	Erscheinungsbild	Bestätigung der Ursache
Schwingungen mit hohen Frequenzen			
Defektes Wälzlager	Anstieg der Schwingungen im Bereich von 10 bis 60 kHz		Wälzlagerzustand überprüfen.
Kavitation	Breite Erhöhung der zufälligen Schwingungen oft im Bereich oberhalb von 1kHz		Strömungsparameter ändern.

9.5 Vorausschauende Maschinenwartung und -instandhaltung

Die Grundlage stellen einfache regelmäßige Schwingungsmessungen dar.

Diese Messungen lassen frühzeitig Probleme erkennen, lange bevor eine Maschine für Reparaturzwecke stillgesetzt werden muss.

Die Vorteile sind:

- längere Betriebsdauer
- größere Lebensdauer
- weniger und kürzere Reparaturen
- geringere Wartungskosten

Alle wichtigen Maschinen sollten regelmäßig überprüft werden. Es ist vorteilhaft, eine Reihenfolge festzulegen, nach der diese Maschinen überprüft werden.

Normalerweise reicht es aus, die Schwingungen jeder Lagerstelle in horizontaler Richtung zu messen. Die einzelnen Messpunkte sollten für eine gute Wiederholbarkeit markiert werden.

Je höher die Drehzahl einer Maschine und je wichtiger eine Maschine ist, je kürzer sind die regelmäßigen Inspektionsintervalle (wöchentlich, zweiwöchentlich, monatlich) zu wählen.

Die Maschinen sollten immer bei den gleichen Betriebsbedingungen laufen, wenn Messungen durchgeführt werden.

Die Messungen - mindestens Summenwert der Schwinggeschwindigkeit und Spike-Energy-Wert (bei Getrieben und wälzgelagerten Maschinen) - sind für jede Maschine zu dokumentieren und in eine Trendkurve einzutragen.

Wenn die Messwerte zu hoch sind oder ein ansteigender Trend zu erkennen ist, muss die jeweilige Maschine genauer analysiert werden, siehe Kapitel 9.4 Interpretation von Schwingungsmessungen, um die Ursache zu erkennen und rechtzeitig eine Wartung planen zu können.

9.6 Weiterführende Literatur

- [1] J. Kolerus: Zustandsüberwachung von Maschinen. Expert-Verlag, 1995.

- [2] Gasch, R.; Nordmann, R.; Pfützner, H.: Rotordynamik, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 2002.

- [3] DIN ISO 7919: Mechanische Schwingungen von Maschinen mit Ausnahme von Kolbenmaschinen - Messung und Bewertung von Wellenschwingungen. Teil 1 bis 6.

- [4] DIN ISO 10816: Mechanische Schwingungen - Bewertung der Schwingungen von Maschinen an nicht-rotierenden Teilen. Teil 1 bis 6.

- [5] DIN ISO 31051: Instandhaltung - Begriffe und Maßnahmen

- [6] VDI 3839: Hinweise zur Messung und Interpretation der Schwingungen von Maschinen. Teil 1: Allgemeine Grundlagen.

- [7] VDI 3841: Schwingungsüberwachung von Maschinen mit rotierenden Massen - Erforderliche Messungen.

Abbildungsverzeichnis

Geräteset	3 - 1
Schnittstellen und Funktionen MachineControl MC 1100 oben	3 - 4
Schnittstelle MachineControl MC 1100 unten	3 - 4
Messaufbau - Beispiel	3 - 5
Signaldefinitionen	8 - 1
Nomogramm	8 - 3
Messorte und -richtungen bei horizontaler Maschinenachse nach [4]	9 - 1
Messorte und -richtungen an einem Lagergehäuse bzw. Lagerbock nach [4]	9 - 1
Messorte und -richtungen bei vertikaler Wellenanordnung nach [4]	9 - 2
Grundsätzlicher Verlauf der Schwinggeschwindigkeit als Bewertungsgröße	9 - 3
Beurteilungsstufen nach DIN ISO 10816-1	9 - 4
Trend von Summenschwingung und gSP-Wert an einem Pumpenlager; Lagerschaden Anfang Dezember	9 - 6
Günstiger Messpunkt (A) und ungünstige Messpunkte (B,C,D) zur Ermittlung des gSP-Wertes	9 - 7

