

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Hinweise zur Messung und Interpretation
der Schwingungen von Maschinen
Schwingungsbilder für Anregungen aus Unwuchten,
Montagefehlern, Lagerungsstörungen und Schäden
an rotierenden Bauteilen

Instructions on measuring and interpreting
the vibration of machines
Vibration patterns for excitation arising from unbalance, incorrect
assembly, bearing faults and damage to rotating components

VDI 3839

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Schwingungsbilder für Anregungen aus Unwuchten	4	2 Vibration patterns for excitation originating in unbalances.	4
2.1 Spektren und Wellenbahnkurven	5	2.1 Spectra and shaft orbit curves	5
2.2 Einfluss der Biegeeigenfrequenzen (Resonanzdrehzahlen).	9	2.2 Influence of the natural bending frequencies (resonance speeds).	9
2.3 Einfluss der Lageranisotropie.	9	2.3 Influence of bearing anisotropy	9
2.4 Unwuchtänderungen	14	2.4 Changes in unbalance.	14
3 Schwingungsbilder für Anregungen aus Rotoranisotropie	17	3 Vibration patterns for excitation originating in rotor anisotropy	17
4 Schwingungen durch unerwünschte Elastizitäten in der Lagerung	18	4 Vibration arising from unwanted elasticities in the bearing assembly	18
5 Schwingungsbilder für Anregungen aus Kupplungen	20	5 Vibration patterns for excitation originating in couplings.	20
5.1 Ausrichtfehler	21	5.1 Alignment errors	21
5.2 Anregungen aus Fehlern oder Verschleiß von Kupplungsbauteilen	25	5.2 Excitation arising from defects or wear in coupling components	25
6 Schwingungsbilder für Anregungen aus Gleitlagern, Spalt- oder Labyrinthdichtungen	27	6 Vibration patterns for excitation arising from plain bearings, diaphragm or labyrinth seals	27
6.1 Selbsterregung, Instabilität	27	6.1 Self-excitation, instability	27
6.2 Änderung der Lastaufteilung auf Lager.	31	6.2 Change in the load distribution over different bearings	31
7 Schwingungsbilder für Anregungen durch Anstreifen.	33	7 Vibration patterns for excitation arising from rubbing	33
7.1 Anstreifen am gesamten Umfang	33	7.1 Rubbing over the full circumference	33
7.2 Anstreifen nur an einem Teil des Rotorumfanges	33	7.2 Rubbing at only part of the rotor circumference	33
7.3 Kurzzeitiges Anstreifen	36	7.3 Intermittent rubbing	36

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Schwingungstechnik

VDI-Handbuch Schwingungstechnik

	Seite
8 Schwingungsbilder für Anregungen aus Wälzlagern	38
8.1 Auswirkungen von Schäden auf den Abrollbahnen	38
8.2 Messung und Diagnosen von Schäden auf den Abrollbahnen mittels Kennwerten	40
8.3 Messung der Überrollfrequenzen mittels Hüllkurvenverfahren	41
9 Schwingungsbilder für Anregungen aus Wellenanrissen	44
10 Interpretation von Axialschwingungen an Lagern	45
11 Interpretation von Anregungen aus der Nachbarschaft	47
Schrifttum	48

	Page
8 Vibration patterns for excitation originating in roller bearings	38
8.1 Effects of damage to the raceways	38
8.2 Measurement and diagnosis of damage to raceways by means of characteristic values	40
8.3 Measurement of rollover frequencies by means of envelope curve procedures	41
9 Vibration patterns for excitation arising from incipient shaft cracking	44
10 Interpretation of axial vibration in bearings	45
11 Interpretation of excitation from the neighbourhood	47
Bibliography	48

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

In der Richtlinienreihe VDI 3839 werden Verfahren und Einrichtungen zur Messung der Schwingungen von Maschinen beschrieben. Sie erläutern die wesentlichen Kriterien zur Bewertung der Messergebnisse und nennen die maßgebenden Beurteilungsrichtlinien oder -Normen. Weiterhin werden Anleitungen zur Analyse und Deutung gemessener Schwingungen gegeben, um bei Beanstandungen, Störungen oder Schäden Hinweise auf deren Ursachen zu erhalten und Abhilfemaßnahmen einleiten zu können. Hierzu sind in Blatt 2 bis Blatt 8 Beispiele für typische Schwingungsursachen und die sich ergebenden Schwingungsbilder aufgenommen worden.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

The series of guidelines VDI 3839 provide descriptions of the methods and equipment used for measuring the vibration of machines. They explain the basic criteria which apply to evaluation of measurement results and specify which guidelines and standards this evaluation should be based on. Furthermore, instructions are given regarding the analysis and interpretation of measured vibration with a view to ascertaining their causes in the event of complaints, faults or damage, thereby enabling remedial measures to be initiated. To this end examples of typical causes of vibration and the associated vibration patterns are given in Part 2 to Part 8.

Die Richtlinien der Reihe VDI 3839 sollen kein Fachbuch der Schwingungslehre ersetzen. Sie sind vorwiegend gedacht als Leitfaden für Ingenieure und Techniker in Entwicklungs-, Prüf- oder Betriebsabteilungen, die keine gezielte Ausbildung auf dem Gebiet der Messung und Interpretation von Schwingungen haben. Sie sollen auch denen einen Überblick verschaffen, die nur gelegentlich mit schwingungstechnischen Problemen befasst sind, beispielsweise in Stör- oder Schadensfällen. Nicht zuletzt sollen den Lesern dieser Richtlinien Hinweise gegeben werden, wann es notwendig wird, Experten einzuschalten, welche spezielles Fachwissen über die Konstruktion, die Arbeitsverfahren und die schwingungstechnischen Probleme bestimmter Maschinentypen haben.

Vorgesehen sind zurzeit folgende Blätter, die alle den gemeinsamen Titel „Hinweise zur Messung und Interpretation der Schwingungen von Maschinen“ tragen:

- Blatt 1 Allgemeine Grundlagen
- Blatt 2** Schwingungsbilder für Anregungen aus Unwuchten, Montagefehlern, Lagerungsstörungen und Schäden an rotierenden Bauteilen
- Blatt 4 Typische Schwingungsbilder bei Ventilatoren und Gebläsen für Gase
- Blatt 5 Typische Schwingungsbilder bei elektrischen Maschinen
- Blatt 6 Typische Schwingungsbilder bei Maschinensätzen in hydraulischen Kraftwerken
- Blatt 7 Typische Schwingungsbilder bei Pumpen
- Blatt 8 Typische Schwingungsbilder bei Kolbenmaschinen

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3839.

Mit der Unterteilung in eine Reihe von Blättern unter der gleichen Kennnummer wird den Nutzern die Möglichkeit geboten, nur die für ihre Branche oder ihr Fachgebiet wichtigen Blätter anzuschaffen. Weiterhin ist es ohne Aufwand möglich, die Reihe um weitere Maschinenarten oder Einsatzbereiche zu erweitern, wenn hierfür ausreichend Kenntnisse und Erfahrungen vorliegen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gibt eine Übersicht über die Schwingungsbilder für Anregungen aus Unwuchten, Montagefehlern, Lagerungsstörungen und Schäden an rotierenden Bauteilen, das heißt aus Anregungen, die bei allen Arten von Maschinen mit nur rotierenden Massen auftreten können, unabhängig von ihrer

The guidelines in the VDI 3839 series are not intended to replace specialist works on vibration theory. They are predominantly intended to be used as guides for engineers and technicians in development, testing or engineering departments who are not specifically qualified or trained in the field of vibration measurement and interpretation. They should also provide an overview for people who only occasionally have to deal with vibration-related problems – for example, when damage or malfunctions occur. Last but not least, the readers of these guidelines should find information on when it is advisable to call in experts who can apply their specialised knowledge of the design, working principles and vibration-related problems of certain machine types.

The following parts are currently envisaged; they all share the same title “Instructions on measuring and interpreting the vibration of machines”:

- Part 1 General principles
- Part 2** Vibration patterns for excitation arising from unbalance, incorrect assembly, bearing faults and damage to rotating components
- Part 4 Typical vibration patterns with fans and blowers for gases
- Part 5 Typical vibration patterns with electrical machines
- Part 6 Typical vibration patterns with machine sets in hydraulic power stations
- Part 7 Typical vibration patterns with pumps
- Part 8 Typical vibration patterns with reciprocating machines

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/3839.

This subdivision into a series of guideline parts with the same code number will allow the users to select just those parts which are of importance to their particular industry or specialist field. This approach also makes it simpler for us to add additional machine types or areas of application once sufficient knowledge and experience has been accumulated.

1 Scope

This guideline provides an overview of the vibration patterns for excitation originating in unbalances, mis-assembly, bearing defects and damage to rotating parts – in other words, from the kinds of excitation which can occur in all types of machines which have rotating masses, irrespective of their size, output and

Größe, Leistung und Drehzahl. Informationen zu den hier verwendeten Begriffen aus der Mess- und Analysetechnik, zu den genannten oder empfohlenen Mess- und Analysegeräten und zu speziellen Analyseverfahren finden sich in VDI 3839 Blatt 1. Zusätzlich zu der in diesem Blatt 2 gegebenen Übersicht werden in Blatt 3 bis Blatt 8 die typischen Schwingungsbilder für Anregungen aus dem physikalischen Arbeitsprinzip, dem Aufbau und der Betriebsweise der verschiedenen Maschinenarten gegeben. Die Folgeblätter ergänzen jeweils diese Richtlinie. Sie sind heranzuziehen, wenn die Schwingungen einer speziellen Maschinenart interpretiert werden sollen.

speed. Please refer to VDI 3839 Part 1 for information on the terms from metrology and analysis which are used here, on the measurement and analysis equipment referred to or recommended, and on special analytical procedures. In addition to the overview provided in the present Part 2, typical vibration patterns for excitation originating in the physical operating principle, in the designs and operating methods of the various machine types will be found in Part 3 to Part 8. Subsequent parts of the VDI 3839 series of guidelines will in each case function as supplements to this guideline. They should be used when you need to interpret the vibration of a special type of machine.