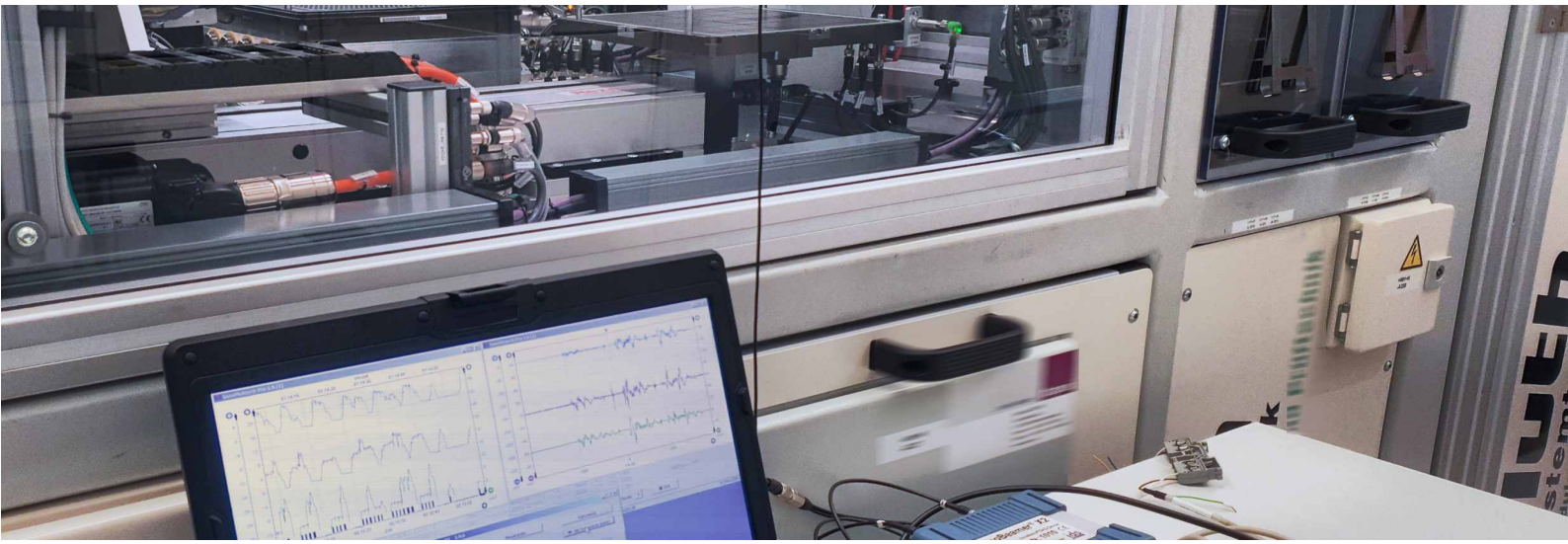
ids innomic® Schwingungsmesstechnik GmbH

Dienstleistungskatalog

Schwingungsmessung



Betriebsauswuchten in 1- und 2-Ebenen

Messung, Verbesserung und Dokumentation des Auswuchtzustandes von Maschinen (Rotoren, Lüfter, Motoren, Werkzeugspindeln)

Gesamtschwingungsverhalten nach DIN 20816

Messung und Dokumentation des Gesamtschwingungsverhalten von Maschinen, Fundamentdämpfung, Eigenfrequenzen

Maschinendiagnose

Messung und Dokumentation von Wälzlagerschäden, Analysen im Zeit- und Frequenzbereich, Übertragungsfunktion

Schwingungsmessung nach VDI 2038

Messung und Dokumentation zur Gebrauchstauglichkeit von Gebäuden - Einhaltung von Grenzwerten (VC-Linien)

Schwingungsmessung nach DIN 4150-2/3

Messung und Dokumentation von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und Einwirkung auf Gebäude

Humanschwingungsmessung nach DIN 5349 und DIN 2631

Messung und Dokumentation handgeführter Werkzeugmaschinen und Ganzkörperschwingungsmessung

Bild 1) Das Betriebsauswuchten mit dem VibroMatrix System - InnoBalancer Pro

Anwendungsbereich Betriebsauswuchten

- Auswuchten vor Ort
- Rotor bleibt im eingebauten Zustand
- 1- und 2- Ebenen dynamisch

Serviceleistungen von IDS

- 1- und 2-Ebenen Betriebsauswuchten vor Ort
- Dokumentation des Wuchtergebnisses
- Auswertung und Beratung

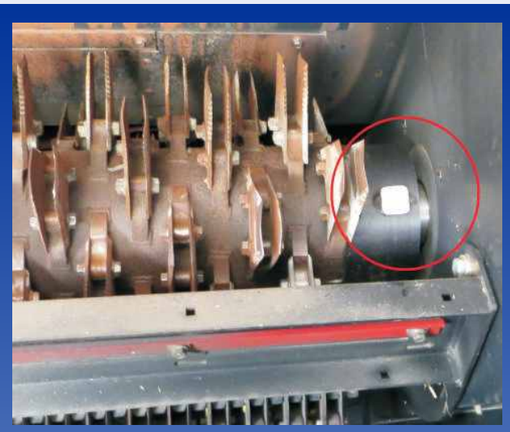


Bild 2) Setzen der berechneten Ausgleichsmassen

Zum Auswuchten werden die Schwingungen am Lagergehäuse mit einem Beschleunigungsaufnehmer gemessen. Die Drehzahl und Winkellage wird mit Hilfe einer Reflexionsmarke am Laufrad durch eine Lichtschranke detektiert.

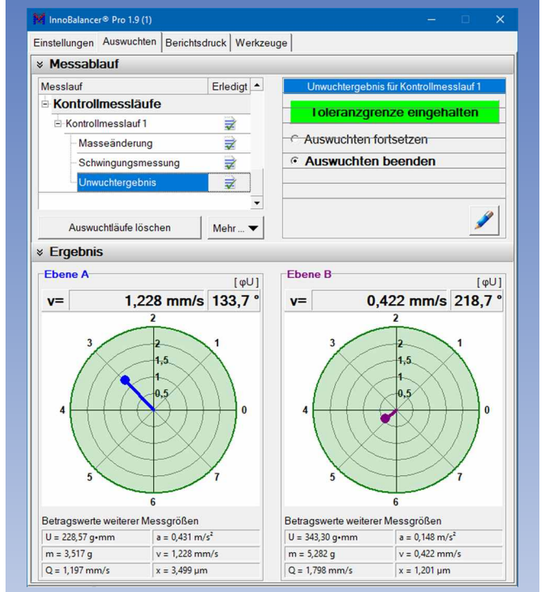
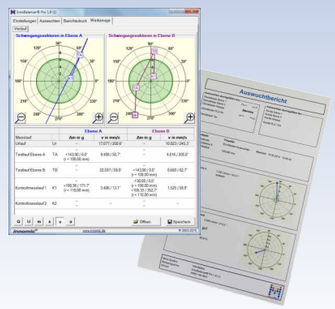


Bild 3) Mit der IDS Innomic Software InnoBalancer Pro kann das Betriebsauswuchten schnell und effektiv durchgeführt werden.



Dokumentation des Wuchtergebnisses in einem vollständigen Wuchtbericht.

Betriebsauswuchten in 2 Ebenen

Massen die sich drehen, und deren Schwerpunkt nicht auf der Drehachse liegt, erzeugen Fliehkräfte die mit der Drehfrequenz umlaufen. Als Folge nicht ausgeglichener Fliehkräfte treten Schwingkräfte oder Schwingbewegungen auf, welche auf die Lager übertragen werden und wir haben es per Definition (DIN ISO 21925) mit einer Unwucht zu tun.

In der Praxis verändert sich ein Rotor in der Regel durch Abnutzung am Werkzeug, durch Anbackungen von Staub und Prozessgut oder durch Materialverlust nach einer Kollision mit Fremdkörpern. Für den Wechsel des Werkzeuges (Messer bei einer Fräswelle) muß der Rotor nicht notwendigerweise ausgebaut werden. Jedoch ergeben sich durch Passungs- und Montageungenauigkeiten veränderte Masseverteilungen und damit eine möglicherweise erhöhte Unwucht.

Das Betriebsauswuchten ermöglicht es den Rotor nun so im eingebauten (Betriebs-) Zustand auszuwuchten. Die zum Ausgleich der Unwucht notwendigen Massen ergeben sich aber aus den Fliehkräften am Rotor und können nicht direkt gemessen werden. Dazu wären Kraftsensoren, direkt in den Lagern verbaut, von Nöten.

Statt dessen werden die Schwingungen synchron zur Drehzahl (1. Ordnung) gemessen. Aus dem so genannten Urlauf und einem Testlauf mit bekannter Testmasse an einer bekannten Position am Rotor können nun die Ausgleichsmassen berechnet werden. Durch den Testlauf in jeder Ausleichsebene werden gleichzeitig auch alle Einfüsse aus der Lagersteifigkeit eleminiert.

Der Rotor kann also im eingebauten Zustand bei Betriebsdrehzahl gewuchtet werden. Es entstehen keine zusätzlichen Kosten für Montage und Transport zu einem Dienstleister, der das Auswuchten in der Regel nicht bei voller Betriebsdrehzahl durchführen kann.

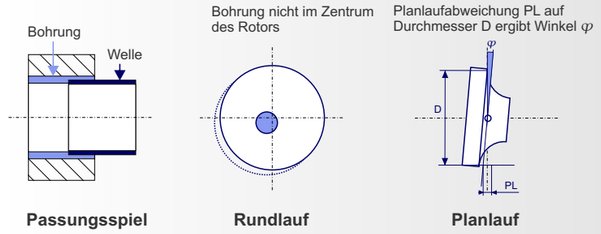


Bild 4) In der Praxis entstehen bei der Montage zusätzlich unvermeidliche Fehler durch Passungsspiel. Hinzu kommen Fehler durch Rundlauf- und Planlaufabweichungen.

Mit IDS Innomic können Sie gemeinsam das Betriebsauswuchten bei Ihnen vor Ort durchführen. In der Regel führen wir die Messungen aus, berechnen die Ausgleichsgewichte und geben die genaue Position am Rotor vor. Mit dem Instandhaltspersonal vor Ort können dann die Änderungen durch Schweißen, Bohren, Nieten, Schrauben fachgerecht ausgeführt werden. Gerne zeigen wir auch Lösungen auf, mit denen zusätzlich am Rotor wiederverwendbare Ausgleichsvorrichtung erstellt werden können. (Verwendung von Nutensteinen)

IDS DLKS 08/2022

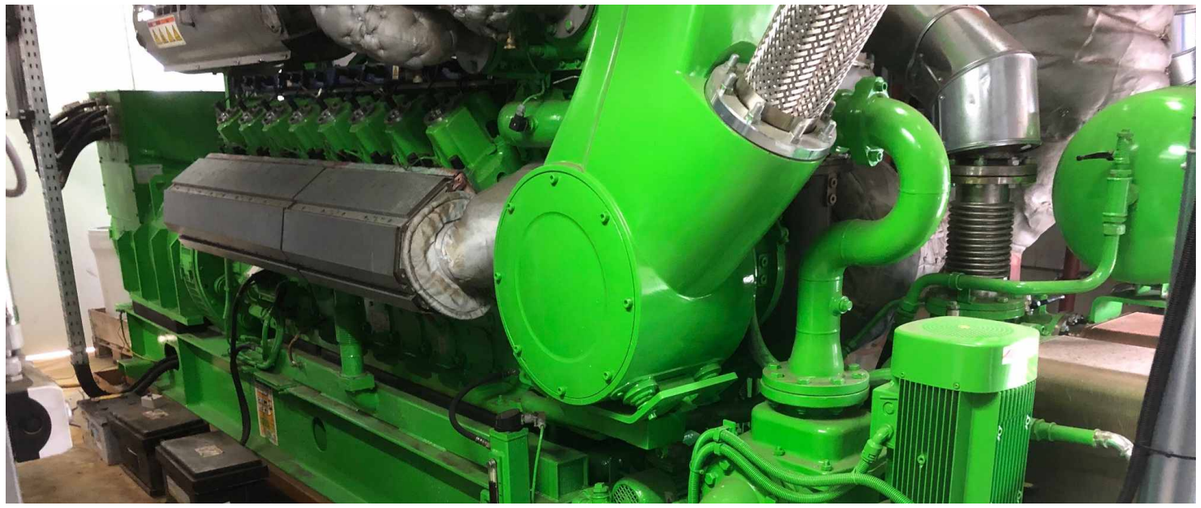


Bild 1) Schwingungsmessung nach ISO 8528-5 an einem Blockheizkraftwerk Motor + Generator

Anwendungsbereich DIN ISO 20816

- Abnahmemessungen zwischen Hersteller und Betreiber
- Gewährleistung der Maschinensicherheit
- Vorausschauende Instandhaltung

Serviceleistungen von IDS

- Planung und Durchführung von Abnahmemessungen
- Dokumentation aller Messstellen und Ergebnisse
- Auswertung und Beratung, Kontrollmessungen

Bild 2) Schwingungsmessung nach ISO 14694 an einem Ventilator

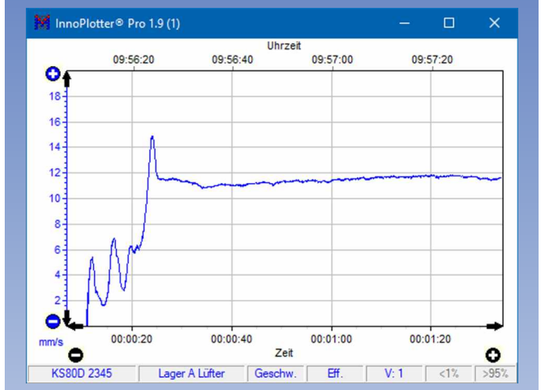


Bild3) Messung des Effektivwertes der Schwing-geschwindigkeit im Frequenzbereich 10..1000 Hz an einem Lüfter mit unzulässig hohen Amplituden, verursacht durch Ver-schmutzungen am Lüfterrad. (Unwucht)

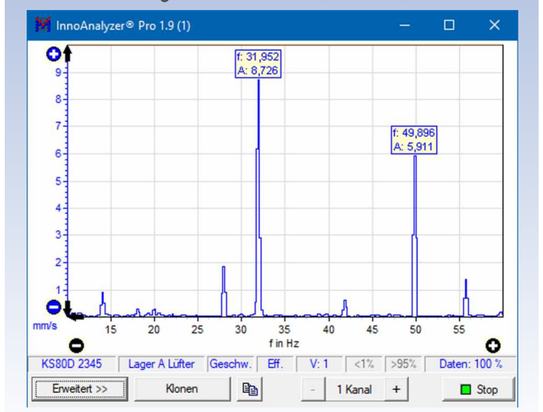


Bild 4) Frequenzspektrum der Schwinggeschwindigkeit bei 1.920 1/min. Die durch Unwucht verursachten Schwingungen sind bei 31,952 Hz deutlich zu erkennen.

Gesamtschwingungsverhalten von Maschinen nach DIN ISO 20816

Maschinen sind im Betrieb oft die Ursache für auftretende Schwingungen oder selbst von anderen Schwingungserregern mit zusätzlichen Kräften beaufschlagt. Insgesamt ergibt sich daraus ein Schwingungsverhalten, welches im Besten Fall auf ein Mindestmaß reduziert werden kann, ohne eine Gefahr für Menschen und die Umwelt darzustellen und die Qualität des Produktes gewährleistet bleibt.

In der Normenreihe DIN ISO 20816 werden Grenzwerte für Schwingungen verschiedener Maschinentypen definiert, bei deren Überschreitung ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist.

Um Schäden von vornherein zu vermeiden, können schon bei der Installation und Inbetriebnahme Schwingwerte gemessen werden, die dann im weiteren Verlauf kontrolliert und wenn nötig automatisch überwacht werden. Sofern zwischen Herrsteller und Betreiber der Maschinen keine gesonderten Festlegungen getroffen wurden und keine gesonderten Normen für einen Maschinentyp gelten, können die Grenzwerte dieser Normenreihe als Ausgangsbasis dienen.

IDS Innomic verfügt mit seinen Mitarbeitern, die nach ISO 18436-2 als Schwingungsanalyst zertifiziert sind, über die nötige Sachkenntnis und hochwertige Messtechnik diesen Messungen normkonform durchzuführen.

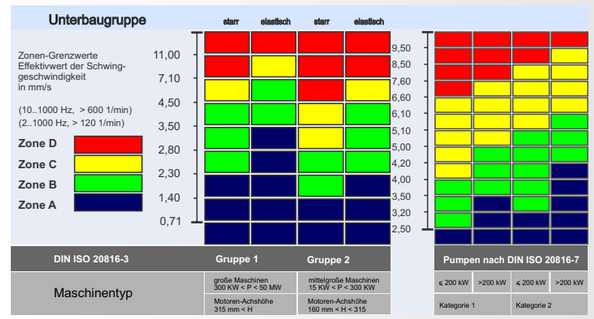


Bild 5) Grenzwerte der Gesamtschwingungskennwerte nach DIN ISO 20816

Entscheidend für die Einhaltung der Grenzwerte ist die Aufstellung der Maschinen. Hierbei können zusätzliche Einflüsse durch Eigenfrequenzen des Maschinenrahmens, einzelner Maschinenteile und Komponenten, sowie des Fundaments gemessen und dokumentiert werden. Bei auftretenden Problemen werden dann Änderungen der Betriebsparameter oder konstruktive Verbesse-rungen gezielt vorgenommen.

Zur Entkopplung der Maschinen vom Fundament kommen regelmäßig Schwingungsdämpfer zum Einsatz. Je nach Ausführung lässt die Wirkung der Schwingungsdämpfung im Lauf der Zeit jedoch meist nach. Da die Auslegung der Dämpfung Frequenzabhängig erfolgt, kann es hier zu negativen Effekten, insbesondere bei Anregung durch drehzahlsynchrone Maschinenkomponenten kommen. Die Qualität der Dämpfung lässt sich aber mittels Übertragungsfunktion messen und bei Bedarf durch Erneuerung wieder herstellen.

IDS DLKS 08/2022

Bild 1) Schwingungsmessung an einem Lagerbock zur Wälzlagerdiagnose mittels Hüllkurvenanalyse

Anwendungsbereich Maschinendiagnose

- Wälzlagerdiagnose
- Konstruktion & Entwicklung
- Prozessoptimierung

Serviceleistungen von IDS

- Planung und Durchführung von Schwingungsmessungen, -diagnosen
- Dokumentation aller Messstellen und Ergebnisse
- Auswertung und Beratung, Kontrollmessungen

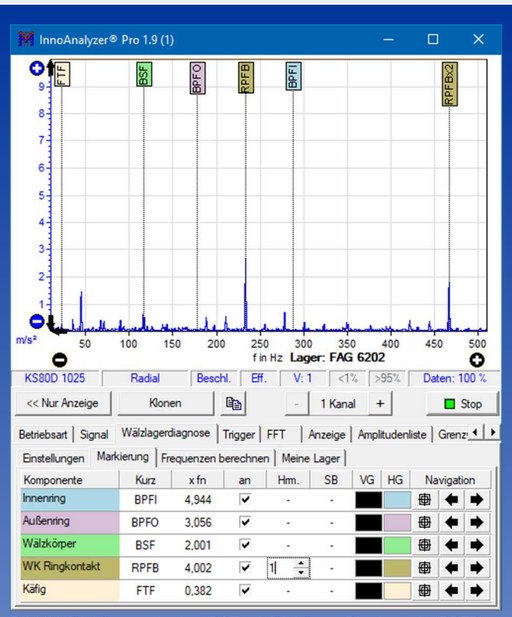


Bild 2) Wälzkörperschaden (BSF) + Wälzkörper Ringkontakt (RPFB) als deutlich ausgeprägte Spektrallinien im Hüllkurvenspektrum sichtbar.

Bild 3) Ratterschwingungen als Bearbeitungsspuren sichtbar.

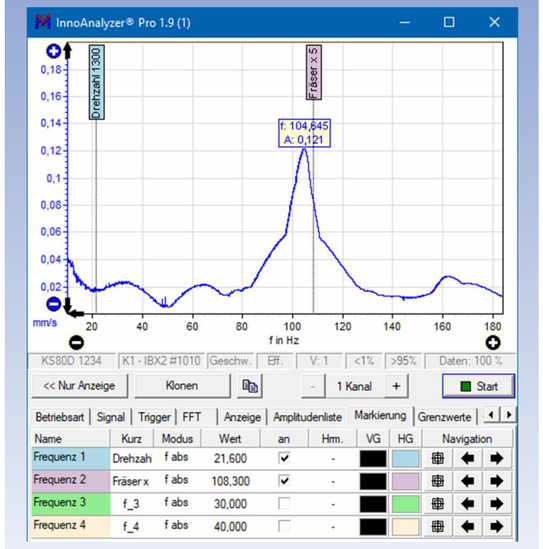


Bild 4) Eigenfrequenz bei 104.6 Hz, angeregt durch den Werkzeugeingriff mit einer Frequenz von 108,3 Hz, welche sich aus Betriebsdrehzahl (1.300 1/min /60x5) ergibt.

Maschinendiagnose

Bei einer maschinellen Bearbeitung hängt die Produktqualität von der einwandfreien Funktion der Maschine bei Einhaltung der vorgegebenen Toleranzen ab. Verschleißteile einer Maschine führen dazu, dass sich die mechanischen Eigenschaften ändern. Im Einzelnen ändert sich hierdurch auch das Schwingungsverhalten im Detail.

Mit Hilfe einer Schwingungsdiagnose lässt sich dann die Ursache für das Fehlverhalten einer Maschine in vielen Fällen relativ kostengünstig und mit vertretbarem Aufwand exakt bestimmen.

Mit Hilfe der Hüllkurvenanalyse gibt die Schwingungsmessung an einem Wälzlager genaue Auskunft darüber, welche Komponenten (Innenring, Wälzkörper, Außenring, Käfig) geschädigt sind. Daraus lassen sich in aller Regel auch Schlüsse für die Ursache ziehen. So können z.B. die ständigen Start- Stopereignisse eines Rotors ohne Drehzahlrampe die Käfige über Gebühr durch die auftretenden Kräfte (Beschleunigungen x Masse des Wälzkörpersatzes) belasten.

Auch die Ermittlung von Eigenfrequenzen der Maschinenstruktur gibt genau Auskunft darüber, ob die verwendeten Drehzahlen oder externe Einflüsse dazu geeignet sind, Resonanzen oder zumindest Stabilitätsverluste durch Anregung dieser Frequenzen hervorzurufen. Ratterschwingungen sind ein typisches Beispiel. Hier erfolgt die Anregung durch den Materialeingriff des Werkzeuges (Fräser), welche mit einer Frequenz erfolgt, die der Anzahl der Wendeschneidplatten x Betriebsdrehzahl / 60 entspricht.

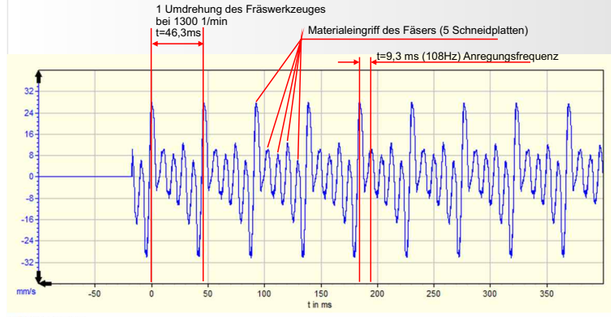


Bild 5)

Neben der hohen Positionierungsgenauigkeit der einzelnen Achsen eines Verfahrweges für Werkzeugspindeln spielt für die Qualität aber auch die Laststeifigkeit des Vorschubsystems (Linearführung) eine entscheidende Rolle. Die konstruktive Auslegung mit möglichst hoher 1. Eigenfrequenz kann auch durch mangelnde bzw. ungleichmäßige Befestigung der Linearführung am Maschinenbett wieder zunichte gemacht werden. Wenn die sich daraus ergebenen Eigenfrequenzen in der Nähe der Anregungsfrequenz (abhängig von Werkzeug und Drehzahl) befinden, kommt es zu Resonanzerscheinungen mit unkontrolliertem Werkzeugeingriff, welche sich auf dem Werkstück als sogenannte Rattermarken wiederfinden.

IDS DLKS 08/2022

Bild 1) Schwingungsmessungen und Voruntersuchungen bereits während der Planungs- und Bauphase

Anwendungsbereich VDI 2038

- Halbleiterindustrie
- Messgerätehersteller
- Rechenzentren
- Mess- und Prüflabore

Serviceleistungen von IDS

- Planung und Durchführung der Schwingungsmessung
- Dokumentation aller Messstellen und Ergebnisse
- Auswertung und Beratung

Bild 2) VC-C Linie, geeignet für Mikroskope bis zu 1000-facher Verfgrößerung

Bild 3) Die Ankopplung der Sensorik erfolgt zur Messung am Fundament bzw. am Aufstellboden mit Hilfe einer Messplatte nach DIN 45669-1. Dabei kann die Messplatte gleichzeitig 3 einzelne Sensoren für jede Raumrichtung (X-Y-Z) aufnehmen. Mit entsprechenden Stellschrauben wird die Messplatte vorher nivelliert.

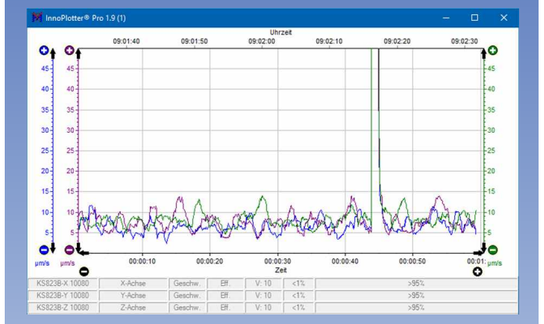


Bild 4) Gemessen und dokumentiert werden die Gesamtschwingungskennwerte über der Zeit bis zu 24h. So können besondere Erschütterungsereignisse während der Bauphase und später in den Produktionsphasen zugeordnet und beurteilt werden.

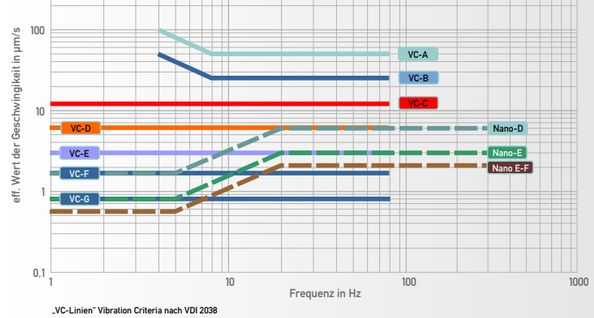
Bild 5) Mit dem InnoAnalyzer Octave Pro wird die Messung konform zur VDI 2038 durchgeführt. Die gemessenen Terzbandspektren der Schwinggeschwindigkeit werden mit den Grenzwerten (VC-Linien nach VDI 2038) zusammen in einer Grafik in Echtzeit dargestellt. So können nicht nur die Bedingungen am neuen Standort festgestellt werden, sondern diese auch einfach mit den Messungen an einem Referenzort, z.B. alter Standort, verglichen werden.

Schwingungsmessung nach VDI 2038

Die Frage nach der Gebrauchstauglichkeit stellt sich unter anderem bei Einwirkung dynamischer Lasten, deren Auswirkungen Einfluss auf das Schwingungsverhalten des Gebäudes in Teilen oder als Ganzes haben. Für neue Industriebauten werden oft konservative Lastannahmen zugunsten wirtschaftlicher Aspekte in Konstruktion und Ausführung sehr optimistisch getroffen.

Andererseits stellen Hersteller von Präzisionsmessanlagen immer höhere Anforderungen bezüglich der Schwingungen und Erschütterungen am jeweiligen Aufstellungsort. Die VDI 2038 definiert mit Hilfe von sogenannten VC-Linien max. zulässige Schwingungspegel anhand derer die Einhaltung von Grenzwerten einen störungsfreien Betrieb erwarten lässt. In Blatt 2 der Richtlinie werden die messtechnische Ermittlung von Schwingungen und Erschütterungen, sowie die Anforderungen an die Einzelkomponenten der Messeinrichtung nach DIN 45669-1 beschrieben.

VC-Linien - Grenzkurven von Terz-Schwinggeschwindigkeitsspektren



„VC-Linien" Vibration Criteria nach VDI 2038

Bild 6)

Klassischer Anwendungsfall - Neubau.

Die Produktionskapazitäten am alten Standort sind begrenzt und es steht der Umzug in eine größere Produktionshalle an. Doch werden die Präzisionsmaschinen- und anlagen auch am neuen Standort präzise arbeiten? Schon in der Planungsphase kann das Schwingungsverhalten am alten Standort gemessen werden und als Maßstab für die Errichtung des neuen Gebäudes herangezogen werden. Das Wissen um die bisherigen Verhältnisse, das bei einer solchen Messung und Auswertung entsteht, schafft Vertrauen und Sicherheit bezüglich der Schwingungs- und Erschütterungsanforderungen.

Aber auch unabhängig von Erfahrungswerten anderer Produktionsstandorte dokumentiert IDS Innomic durch Messungen am neuen Investitionsort die Schwingungen und Erschütterungen im Vergleich zu den Vorgaben anhand von VC-Linien nach VDI 2038.

So können bereits in der Bauphase durch regelmäßige Messungen Einschätzungen zur Einhaltung der Vorgaben z.B. am Fundament getroffen werden.

IDS DLKS 08/2022

Bild 1) Erschütterungen durch Abrissarbeiten in unmittelbarer Umgebung eines Rechenzentrums

Anwendungsbereich DIN 4150

- Erschütterungen im Bauwesen
- Einwirkung von Erschütterungen auf **Gebäude**
- Einwirkung von Erschütterungen auf **Menschen** in Gebäuden

Serviceleistungen von IDS

- Planung und Durchführung von Probemessungen
- Dokumentation aller Messstellen und Ergebnisse
- Auswertung und Beratung

Bild 2) Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden verursacht durch Produktionsmaschinen im selben Gebäude. Hier Sitzungs- und Büroräume.

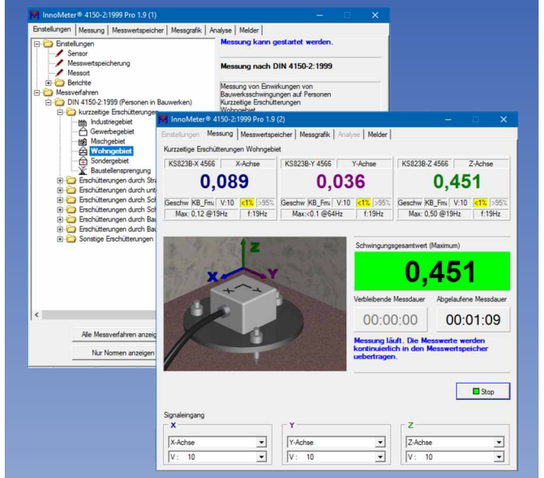


Bild 3) Gemessen und dokumentiert werden die Taktmaximal-werte der bewerten Schwingstärke KBFTi für Teil 2 bzw. der Spitzenwerte absolut für Teil 3 der Norm.

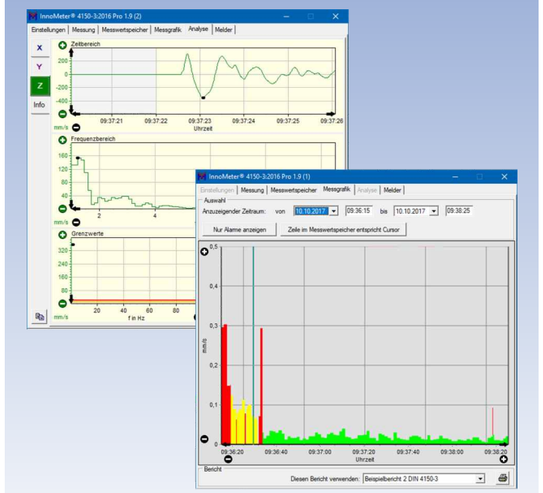


Bild 4) Für die nachträgliche Dokumentation wird der Verlauf der Erschütterungsereignisse und deren Hauptfrequenzkomponente über die gesamte Messung gespeichert.

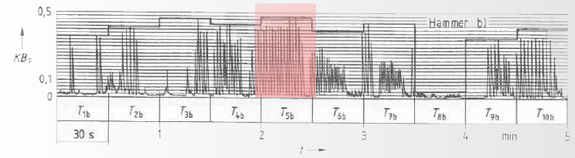
Schwingungsmessung nach DIN 4150-2/3

Erschütterungen und Schwingungen können zu Schäden an der Bausubstanz eines Gebäudes führen. In der Regel sind hierbei Langzeiteinwirkungen durch angrenzenden Straßenverkehr oder Kurzzeiterschütterungen durch Bautätigkeit die Ursache.

Bei entsprechender Kenntnis über die Stärke der Schwingungen, also die Messung und Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten, können Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden bereits im Vorfeld zusammen mit dem „Verursacher" und dem Betroffenen besprochen werden.

Die Normenreihe DIN 4150 liefert hierfür Anhaltswerte bei deren Überschreitung mit Schäden zu rechnen ist. Insbesondere Teil 3 befasst sich hier mit Erschütterungen im Bauwesen, welche auf Gebäude einwirken.

Aber auch für Menschen in Gebäuden können Erschütterungen nicht nur als unangenehm empfunden werden, sondern langfristig auch zu gesundheitlichen Schäden führen. Entsprechend der Situation, ob es sich hierbei um Wohn- oder Gewerberäume handelt, liefert Teil 2 der Norm die einzuhaltenden Anhaltswerte für verschiedene Tageszeiten.



i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KB_{FTi}	0,36	0,41	0,46	0,43	0,47	0,39	0,44	0,04	0,35	0,41

Bild 5) Zeitverlauf der bewerteten Schwingstärke KBF(t) mit Bestimmung der Taktmaximalwerte KB_{FTi} für einen Schmiedehammer.

Bei größeren Baustellen und längerer Bautätigkeit empfiehlt sich oft die Einrichtung einer Dauer-Schwingungsüberwachung, welche aber auch mit hohen Kosten für Personal, Datenaufkommen und Auswertung verbunden ist.

In vielen Fällen reicht jedoch eine Probemessung aus, bei der dann spezifische Bautätigkeit in dem dafür vorgesehenen Abstand zum betroffenen Gebäude ausgeführt wird. Können die Anhaltswerte hierbei deutlich unterschritten und die Bauarbeiten erfolgreich ausgeführt werden, kann man für den weiteren Verlauf der Bautätigkeit auch von der Einhaltung der Grenzwerte ausgehen.

Und bei subjektiven Eindrücken von Personen in Gebäuden kann durch eine Probemessung geklärt werden, ob die Wahrnehmung tatsächlich mit Immissionen aus Erschütterungen korreliert bzw. die Anhaltswerte formal eingehalten werden.

IDS DLKS 08/2022

Bild 1) Ermittlung der max. zulässigen Einwirkdauer von Schwingungen auf die Handgelenke

Anwendungsbereich DIN ISO 5349 / DIN ISO 2631

- Hersteller handgeführter Werkzeugmaschinen
- Hersteller von Baumaschinen, Forst- und Gartenmaschinen
- Transportwesen, LKW

Serviceleistungen von IDS

- Planung und Durchführung der Messung
- Dokumentation aller Messstellen und Ergebnisse
- Auswertung und Beratung

Bild 2) Triaxialsensor mit Handgriffadapter am Presslufthammer

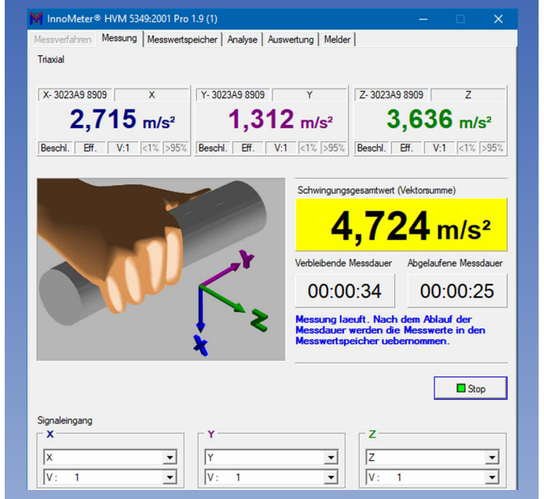


Bild 3) Gemessen und dokumentiert wird der bewertete Effektivwert der Beschleunigung. Einhaltung und Überschreitung werden in Echtzeit schon während der Messung per Ampelfarben signalisiert.

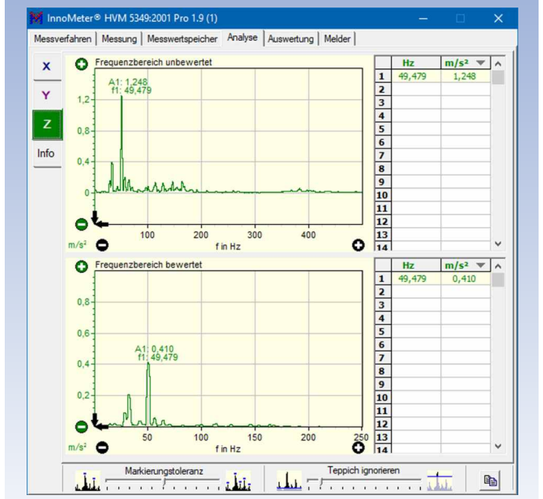


Bild 4) Automatische Analyse der einzelnen Frequenzkomponenten unbewertet und bewertet.

Humanschwingungsmessung nach DIN ISO 5349 und DIN ISO 2631

Hand-Arm-Schwingungen DIN ISO 5349

Hand-Arm-Schwingungen werden durch Schwingungen verursacht, die über die Handinnenfläche und die Finger in Hände und Arme übertragen werden. Arbeitnehmer, deren Hände regelmäßig Vibrationen ausgesetzt sind, können Schädigungen des Hand- und Armgewebes erfahren. Mit der passenden Messlösung wird erkannt, ob Tätigkeiten gefährdend sind.

Ganzkörper-Schwingungen DIN ISO 2631

Ganzkörper-Schwingungen werden durch Schwingungen verursacht, die von Maschinen und Fahrzeugen am Arbeitsplatz über den Sitz oder die Füße übertragen werden. Diese gibt es häufig bei Arbeiten im Gelände, z.B. in der Landwirtschaft, am Bau und in Steinbrüchen, aber auch auf der Straße in LKW oder Flurförder-technik wie z.B. Staplern.

Ganzkörper-Schwingungen beschränken sich nicht auf sitzende Arbeitnehmer, sondern können auch z.B. beim Stehen auf einem Betonbrecher auftreten.

Folgende Messungen bieten wir Ihnen als Serviceleistung an:

Hand-Arm-Vibrationen DIN ISO 5349

- Die Schwingungen handgeführter Maschinen messen, normkonform nach ISO 5349, VDI 2057-2 und EU-Richtlinie 2002/44/EG.
- Messung mit Echtzeit-Bewertung nach LärmVibArbSchV

Ganzkörpervibrationen DIN ISO 2631

- Ermitteln von Vibrationsbelastung auf den menschlichen Körper
- Objektive Prüfung des Komforts in Fahrzeugen
- Messungen normkonform nach ISO 2631-1, ISO 2631-2, ISO 2631-4, Sondermessungen nach ISO 2631 (SEAT-Wert)
- Messung mit Echtzeit-Bewertung nach LärmVibArbSchV

Bild 5) Triaxialsensor integriert in einem Sitzkissen zur Messung von Ganzkörperschwingungen

IDS DLKS 08/2022

Dienstleistungskatalog

Schwingungsmessung

IDS Innomic Schwingungsmesstechnik GmbH
Zum Buchhorst 35

D-29410 Salzwedel

Telefon: +49 3901 3059950
Fax: +49 3901 3059951

E-Mail: info@innomic.de
Web: www.innomic.com

IDS DLKS 08/2022