

Laser-Vibrometrie



Berührungslose Schwingungsmessung in Forschung, Entwicklung und Produktion

MeasComp 2004 **Dr. Heinrich Steger**

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Über Polytec

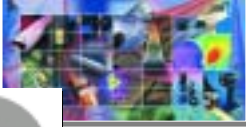
Geschäftsbereiche der Polytec GmbH

Lasermesssysteme



Spektrale Technologien

Photonik



Polymer Technologien

Licht ist Inhalt unserer Produkte

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Über Polytec

Polytec, Waldbronn

1967 Firmengründung

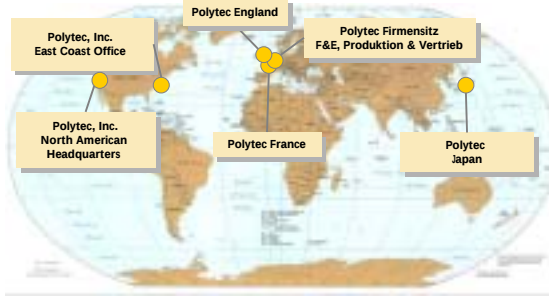


Polytec heute
250 Mitarbeiter weltweit
40 Mitarbeiter F&E

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Über Polytec

Die Polytec Gruppe



Polytec, Inc. East Coast Office
Polytec, Inc. North American Headquarters
Polytec England
Polytec France
Polytec Firmensitz F&E, Produktion & Vertrieb
Polytec Japan

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Über Polytec

Lasermesssysteme

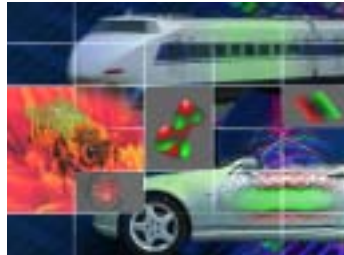


- **Laser Doppler Vibrometer**
Schwingungen berührungslos messen
- **Laser Surface Velocimeter**
Länge und Geschwindigkeit berührungslos messen
- **PNA Polytec Noise Analysis**
Akustische Güteprüfung
- **Oberflächen-Messtechnik**

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Über Polytec

Lasermesssysteme



Vibrationen messen

- an Punkten oder Flächen
- 1- oder 3-dimensional
- auch im Mikrobereich
- in Forschung, Entwicklung und Produktion

Applikationsgebiete

- Automobilindustrie
- Luft- und Raumfahrt
- Data Storage
- Mikrosystemtechnik
- Transporttechnik
- Maschinenbau
- Audio und Akustik
- Biologie und Medizin
- und Ihr Gebiet!

Aufbauung Messenments by Light | www.polytec.de | Polytec GmbH - Messungstechnik - 2004 | 100 Jahre 1904-2004

Messprinzip

Welche Vorteile bieten optische Schwingungsmessverfahren?

- Optisch → Berührungslos
- Berührunglos → Messung auf kritischen Objekten: heiss, filigran, Hochspannung
→ Rückwirkungsfrei
→ kein Verkabelungsaufwand
- Sensor: Licht → Beliebig viele Kanäle mit Scan-Verfahren
→ Enorme Frequenz-Bandbreite
→ Extreme Wegauflösung: $\mu\text{m} \rightarrow \text{nm} \rightarrow \text{pm}$

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 7

Messprinzip

Wie funktioniert ein Vibrometer ?

Der Doppler-Effekt

Ein von einem **bewegten Objekt** ausgesandte oder zurückgeworfene Schall- oder Lichtwelle wird **relativ zur Geschwindigkeit** des Objekts in seiner **Frequenz verschoben**.

Die **Größe der Verschiebung** ist ein **Maß** für die Geschwindigkeit des Objekts.

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 8

Messprinzip

Wie funktioniert ein Vibrometer ?

Vibrierendes Objekt

He-Ne Laser <1 mW (633 nm)

Frequenz des Laserlichts
 $f_0 = c/\lambda$
($4,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$)

Das **zurückgestreute Licht** ist um die Dopplerfrequenz verschoben

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 9

Messprinzip

Wie funktioniert ein Vibrometer ?

Referenzstrahl

Detektor

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 10

Messprinzip

Wie funktioniert ein Vibrometer ?

Auf dem **Detektor** entsteht ein **Hell-Dunkel-Signal** mit exakt der Doppler-Frequenz

Die **Decoder** im Controller wandeln das **optische Signal** in ein **elektronisches Signal** um

An der BNC-Buchse liegt ein Signal an, das **proportional zur Schwing-Geschwindigkeit** des Objekts ist

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 11

Leistungsmerkmale

Leistungsmerkmale der Vibrometrie

Berührungslos, schnell, rückwirkungsfrei

Richtig + genau

Für Primärkalibration geeignet

Aufbau eines Vibrometers (optisch) | www.greiftechniker.de | © Greif Technik GmbH | 2020 | 12

Leistungsmerkmale

Wo wird die Vibrometrie eingesetzt?

Die Einsatzgebiete sind nahezu unbegrenzt!

Die Messbereiche decken den Bereich technisch relevanter mechanischer Schwingungen vollständig ab.

Frequenz: 0 Hz – 30 MHz

Geschwindigkeit: 50 nm/s – 30 m/s (9 Dekaden)

Weg: 2 pm – 10 m (13 Dekaden)

Beschleunigung: 10^{-8} g – 10^7 g (15 Dekaden)

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Leistungsmerkmale

Wo wird die Vibrometrie eingesetzt?

Vibrometrie ist dort besonders vorteilhaft, wo Einsatz taktiler Sensoren nicht möglich ist: z.B. wollen Sie ...

- Körperschall berührungslos und sehr genau messen
- Massebehaftung vermeiden, rückwirkungsfrei Daten erfassen
- viele Messpunkte in kurzer Zeit erfassen
- an schwer zugänglichen Stellen messen
- Messung auf weichen, filigranen, zerklüfteten oder heißen Strukturen durchführen
- auf Mikro-Strukturen messen
- sehr hohe Frequenzen erfassen
- aus großer Entfernung messen
- unabhängig von Materialeigenschaften sein

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Anwendungen

Wo wird die Vibrometrie eingesetzt?

Hier, und in vielen weiteren Bereichen !

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Anwendungen: Automotive

KFZ-Karosserie

**PSV-400
Polytec
Scanning
Vibrometer**

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Anwendungen: Automotive

Bremsenquietschen

Betriebsschwingformanalyse

Messung des 3D-Schwingungsverhaltens unter Betriebsbedingungen (4 rpm; p = 5 bar)

Ergebnis: Mode 1 und 2 wandern im Frequenzbereich aufeinander zu, instabiler Zustand bei 5 kHz verursacht das Quietschen!

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Anwendungen: Automotive

Bremsenquietschen

3D-Messtechnik

- Vollständige Erfassung der 3-D Schwingungsvektoren
- Separation von Out-of-Plane- und In-Plane-Schwingungskomponenten
- Export der Daten im UFF- und anderen Formaten zur Weiterverarbeitung in Modalanalyse-Systemen
- Kurze Setup-Zeit und intuitive Bedienung

PSV-400-3D 3D-Scanning Vibrometer

Aufbauanleitung Vibrometrie bei A-light | www.greiftechniker.de | Vertrieb: Greif Technik GmbH & Co. KG | 42699 Solingen | Telefon: +49 (0) 21 23 30 10 10 | Fax: +49 (0) 21 23 30 10 11

Anwendungen: Produktion

Qualitätskontrolle und Fertigungsüberwachung

⇒ Prüfung der Qualität von Produkten anhand des **äußerlich** messbaren Schwingungsverhaltens



- Keine Beeinflussung durch Umgebungsgeräusche
→ **keine Schallschutzmaßnahmen notwendig**
- Keine mechanische Kontaktierung des Sensors
→ **kein Verschleiß mechanischer Komponenten**
- **geringe Taktzeiten (< 500 ms)**
(Handling, Messung und Auswertung)

Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 19

Anwendungen: MEMS

MEMS



Mikro-Elektro-Mechanisches System

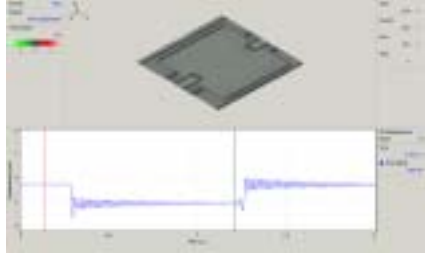
verstellbarer Mikrospiegel
↓
Manipulation von Licht

Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 20

Anwendungen: MEMS

Optimierung der Einschwingzeit

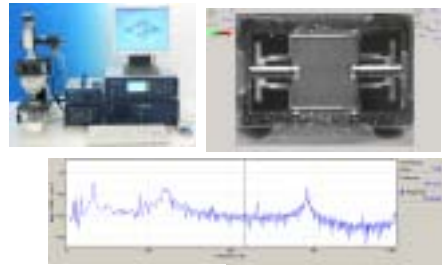
Systemantwort auf 100 Volt Sprung



Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 21

Anwendungen: MEMS

MSV-400 Microscope Scanning Vibrometer



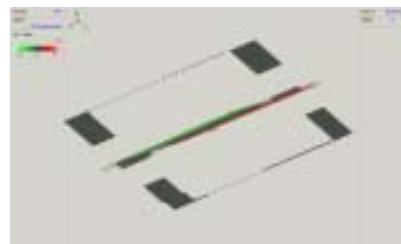
Frequenzspektrum

Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 22

Anwendungen: MEMS

Micro Scanning Vibrometer Messung

Rotations-Schwingform erster Ordnung 55 Hz

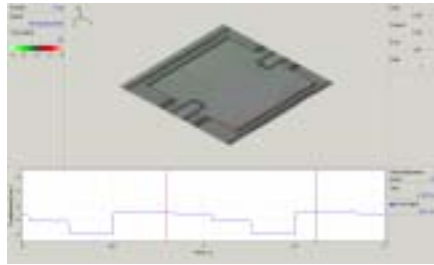


Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 23

Anwendungen: MEMS

Optimierung der Einschwingzeit

'Input Shaping' entfernt Resonanz



Aufbau eines Mikro-Scanning Vibrometers (MSV-400) www.graftech.com Copyright: Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. Graftech AG, 2020. Alle Rechte vorbehalten. # 24

