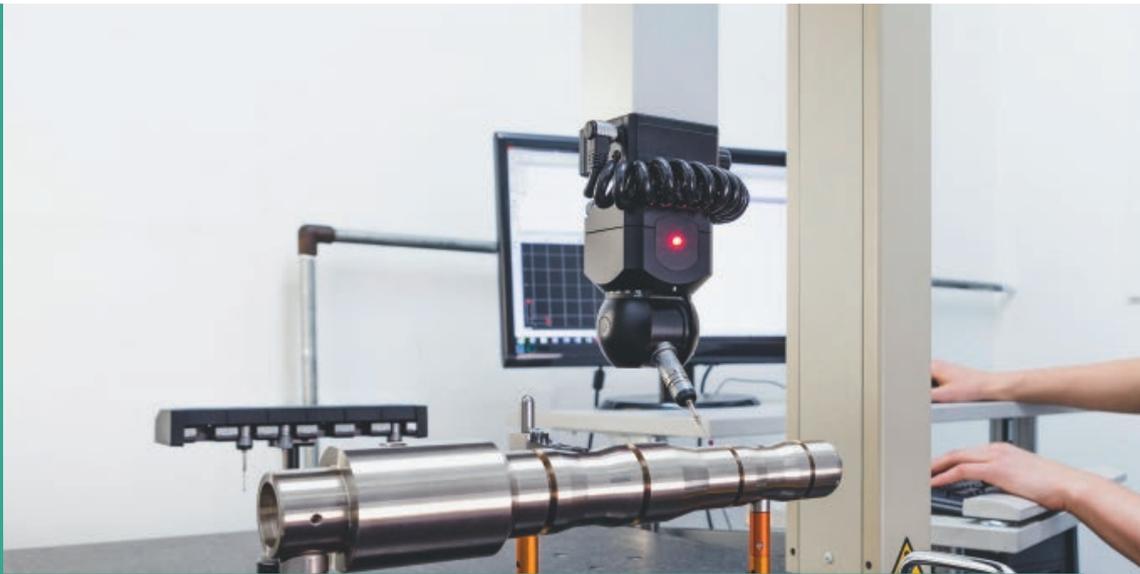


Seminar

# Schwingungsmesstechnik

Schwingungen messen und analysieren



## Die Top-Themen:

- **Entwurf und Auslegung von Messketten für Ihre Schwingungsprobleme**
- **Prinzipien und Verfahren der Schwingungsmesstechnik**
- **Messsignale verstehen und analysieren: Zeit- und Frequenzbereich, Korrelationen, Transmissibilitäten**
- **Verwendung von Messsignalen zur Systemanalyse**
- **Messfehler erkennen und vermeiden: Aliasing, Leakage, Picket Fences**

### Termine und Orte

- 27. und 28. Juni 2023  
Nürnberg
- 04. und 05. September 2023  
Online
- 23. und 24. November 2023  
Frankfurt am Main
- 12. und 13. Februar 2024  
Hamburg

Verschaffen Sie sich einen Überblick über Tools zur Schwingungsanalyse

➤ Dieses Seminar ist auch ein Wahlpflicht-Modul des Zertifikatslehrgangs „Fachingenieur\*in Sensorik VDI“.

### Ihre Seminarleitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschkowski, Leiter, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Fakultät Technik und Informatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW)



## Allgemeine Informationen

### Zielsetzung

**Die Teilnehmer lernen das Herangehen an eigene Messaufgaben, die Konzeption von Versuchsaufbauten und das Ableiten geeigneter Lösungsansätze. Dies betrifft die korrekte Charakterisierung und Formulierung des Schwingungsproblems, die richtige Auswahl und Zusammenstellung der Messglieder zu einer Messkette und die fachgemäße Durchführung der Signalanalyse. Eine Betrachtung der Grenzen der Methoden und die Diskussion typischer Fehlerquellen runden das Seminar ab. Praxisnähe steht im Vordergrund.**

Schwingungserscheinungen treten in technischen Geräten, in Maschinen und Anlagen, in Fahrzeug- und Flugzeugstrukturen, in Bauwerken aber auch in Verpackungssystemen in Erscheinung. Die Minderung unerwünschter Vibrationen erfordert Abhilfemaßnahmen, deren wirkungsvolle Auslegung eine möglichst genaue Bestimmung der kennzeichnenden Schwingungsgrößen bei der Analyse von Betriebsfestigkeiten, im Rahmen von Umweltsimulationen, bei der experimentellen Modalanalyse und der Zustandsüberwachung voraussetzt. Zudem ist eine kritische Bewertung der gewonnenen Messergebnisse nur möglich, wenn die physikalisch-technischen Eigenschaften und Grenzen der anzuwendenden Verfahren und Geräte bekannt sind. Dies ist Gegenstand der Schwingungsmesstechnik. Sie vereint Schwingungslehre, Messtechnik und Signalverarbeitung, deren Zusammenwirken in diesem Seminar erläutert wird.

### Zielgruppe

Ingenieure und Fachkräfte aus den Bereichen

- Entwicklung und Konstruktion
- Betrieb und Instandhaltung
- Berechnung, Simulation und Versuch
- Umweltprüfungen
- Schwingungsüberwachung

### Inhouse-Seminar

Dieses Seminar können Sie auch als firmeninterne Schulung buchen:

Wir erstellen Ihnen gerne ein individuelles Angebot. Rufen Sie uns an.

 **Frau Angela Bungert/Herr Jens Wilk**  
Tel.: +49 211 6214-200, E-Mail: inhouse@vdi.de

**Herr Heinz Küsters**    
Tel.: +49 211 6214-278, E-Mail: kuesters@vdi.de

### Veranstaltungsdokumentation

Jeder Teilnehmer erhält eine Dokumentation wie Präsentationsunterlagen, Handbuch o.ä. und eine VDI Wissensforum-Teilnahmebescheinigung.



### Seminarleitung

**Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschkowski**, Leiter, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Fakultät Technik und Informatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW)



Thomas Kletschkowski studierte an der Technischen Universität Berlin Physikalische Ingenieurwissenschaft in den Schwerpunkten Kontinuums- und Strukturmechanik sowie Schwingungstechnik und Dynamik.

Nach seiner Promotion in der nichtlinearen Kontinuumsmechanik und anschließender Habilitation für das Fachgebiet Mechatronik, jeweils an der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg, setzte er seine wissenschaftliche Laufbahn am Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg fort, an der er die Lehrgebiete Adaptronik und Strukturmechanik in Lehre und Forschung vertritt.



### Zertifikatslehrgang

Dieses Seminar ist auch ein Wahlpflicht-Modul des Zertifikatslehrgangs „Fachingenieur\*in Sensorik VDI“.

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.vdi-wissensforum.de/lehrgaenge](http://www.vdi-wissensforum.de/lehrgaenge)

 Sie wünschen eine persönliche Beratung?  
Bitte wenden Sie sich an  
**unser Team der Zertifikatslehrgänge**  
Tel.: +49 211 6214-123, E-Mail: [lehrgang@vdi.de](mailto:lehrgang@vdi.de)



### Weitere interessante Veranstaltungen

**Grundlagen der technischen Akustik und der technischen Lärminderung**

03. und 04. Juli 2023, Online

16. und 17. Oktober 2023, Köln

## Seminarinhalte

**1. Tag** 10:00 bis 18:00 Uhr

**2. Tag** 09:00 bis 15:00 Uhr

### Grundlagen der Schwingungslehre

- Einteilung, Darstellung und Kennzeichnung von Schwingungen
- Mechanische Schwingungen im Zeit- und Frequenzbereich beschreiben
- Fourier-Analyse: Fourier-Reihe, Fourier-Transformation, FFT
- Mittelwerte und Korrelationsfunktionen

### Grundlagen des verzerrungs- und rückwirkungsfreien Messens mechanischer Schwingungen

- Die Messkette: Erreger, Übertragungsglieder, Sensoren
- Kalibrierung: Arten, Messnormal, Unsicherheit
- Systeme mit einem Freiheitsgrad: Messprinzipien, Amplituden- und Phasenfrequenzgang
- Systeme mit endlich vielen Freiheitsgraden: Eigenwerte und Eigenvektoren
- Korrekte Ankopplung von Sensoren

### Schwingungsaufnehmer – Aufbau, Mess- und Wandlerprinzip sowie Anwendung

- Piezoelektrische beschleunigungsproportionale Aufnehmer
- Kraftmessdosen
- Elektrodynamische geschwindigkeitsproportionale Aufnehmer
- Triangulationslaser und Laser-Doppler-Vibrometer
- Hochgeschwindigkeitskamera und akustische Kamera
- MEMS

### Schwingererregung – Aufbau, Funktionsweise und Anwendungen verschiedener Geräte und Instrumente

- Unwuchterreger und Rollenprüfstände
- Modalhammer
- Piezokeramiken und magnetostruktive Aktoren
- Hydropulsanlage
- Elektrodynamischer Schwingererregung (Shaker) SIMO- und MIMO-Methoden
- Vibrationsprüfung und Schocktest-Maschinen
- Transiente Anregungsmechanismen

### Signalanalyse vs. Systemanalyse

- Betriebsschwinganalyse: Transmissibilitäten, Betriebs-schwingungsformen und -frequenzen
- Modalanalyse: Objektdiskretisierung, Übertragungsfunktionen, Curve-Fitting

### ++ Praktische Versuchsvorführung: Experimentelle Modalanalyse

### Digitale Messwertverarbeitung und Fehlerquellen

- Analog-Digital-Wandlung und andersherum: Das Problem mit der Faltung und der Signalrekonstruktion
- Abtastung und Aliasing-Effekt in der Zeit- und Ortsdarstellung
- Amplitudenquantisierung und Quantisierungsfehler
- Zahlencodierung
- Diskrete Messzeitfenster mit endlicher Länge – und was nun?

### Analyse der Messdaten

- Fourier-Analyse vs. Wavelet-Analyse und die Ermittlung von Übertragungsfunktionen
- Vorstellung und Vor- und Nachteile verschiedener Analysetools:
- Wasserfalldiagramme
- Ordnungsanalyse
- Cepstrum
- Hilbert-Transformation
- Korrelationsanalyse
- Sensitivitäts- und Nichtlinearitätsanalyse

### Schwingungsmesstechnik in der Praxis

- Abstraktion eines Schwingungsproblems
- Auswahl geeigneter Messmethoden
- Auswahl geeigneter Sensorik
- Datenerfassung und Datenanalyse
- Design geeigneter Abhilfmaßnahmen
- Kontrolle der Maßnahme

### ++ Praktische Versuchsvorführung: Den Teilnehmern wird ein Schwingungsproblem vorgestellt. In der Gruppe wird dieses Problem analysiert und behoben.



#### Sie erhalten Antworten auf diese Fragen

1. Welcher Schwingungsaufnehmer ist zur Erfassung meines Schwingungsproblems geeignet?
2. Was sind Kontaktresonanzen?
3. Wie vermeide ich den Leakage-Effekt?
4. Wodurch entstehen Geisterfrequenzen?
5. Womit bringe ich die Dinge zum Schwingen?



VDI Wissensforum GmbH | VDI-Platz 1 | 40468 Düsseldorf | Deutschland

Sie haben noch Fragen?  
Kontaktieren Sie uns einfach!

**VDI Wissensforum GmbH**  
Kundenzentrum  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf  
Telefon: +49 211 6214-201  
Telefax: +49 211 6214-154  
E-Mail: wissensforum@vdi.de  
www.vdi-wissensforum.de

✓ Ich nehme wie folgt teil (zum Preis p. P. zzgl. MwSt.):

Seminar			
<input type="checkbox"/> 27. und 28. Juni 2023 Nürnberg (02SE084018)	<input type="checkbox"/> 04. und 05. September 2023 Online (02SE084708)	<input type="checkbox"/> 23. und 24. November 2023 Frankfurt am Main (02SE084019)	<input type="checkbox"/> 12. und 13. Februar 2024 Hamburg (02SE084020)
EUR 1.890,-	EUR 1.890,-	EUR 1.890,-	EUR 1.890,-

www

Ich bin VDI-Mitglied und erhalte **pro Veranstaltungstag EUR 50,- Rabatt** auf die Teilnahmegebühr: VDI-Mitgliedsnummer\* \_\_\_\_\_

\*Für den VDI-Mitglieder-Rabatt ist die Angabe der VDI-Mitgliedsnummer erforderlich.

**Meine Kontaktdaten:**

Nachname \_\_\_\_\_ Vorname \_\_\_\_\_

Titel \_\_\_\_\_ Funktion/Jobtitel \_\_\_\_\_ Abteilung/Tätigkeitsbereich \_\_\_\_\_

Firma/Institut \_\_\_\_\_

Straße/Postfach \_\_\_\_\_

PLZ, Ort, Land \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_ Mobil \_\_\_\_\_ E-Mail \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

Abweichende Rechnungsanschrift \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Teilnehmer mit einer Rechnungsanschrift außerhalb Deutschlands, Österreichs oder der Schweiz bitten wir, mit Kreditkarte zu zahlen. Bitte melden Sie sich über [www.vdi-wissensforum.de](http://www.vdi-wissensforum.de) an. Auf unserer Webseite werden Ihre Kreditkartendaten verschlüsselt übertragen, um die Sicherheit Ihrer Daten zu gewährleisten.

Die allgemeinen Geschäftsbedingungen der VDI Wissensforum GmbH finden Sie im Internet: [www.vdi-wissensforum.de/de/agb/](http://www.vdi-wissensforum.de/de/agb/)

**Veranstaltungsort(e)**

**Nürnberg:** NH Collection Nürnberg City, Bahnhofstr. 17-19, 90402 Nürnberg, Tel. +49 911/9999-0,  
E-Mail: [nhcollectionnuernbergcity@nh-hotels.com](mailto:nhcollectionnuernbergcity@nh-hotels.com)

**Frankfurt am Main:** Relaxa Hotel Frankfurt am Main, Lurgiallee 2, 60439 Frankfurt am Main, Tel. +49 69/95778-0,  
E-Mail: [frankfurt.main@relaxa-hotel.de](mailto:frankfurt.main@relaxa-hotel.de)

**Hamburg:** Leonardo Hotel Hamburg City Nord, Mexikoring 1, 22297 Hamburg, Tel. +49 40/63294-0,  
E-Mail: [info.hamburgcitynord@leonardo-hotels.com](mailto:info.hamburgcitynord@leonardo-hotels.com)

Im Veranstaltungshotel steht Ihnen ein begrenztes **Zimmerkontingent** zu Sonderkonditionen zur Verfügung. Bitte buchen Sie Ihr Zimmer frühzeitig per Telefon oder E-Mail direkt bei dem Hotel mit dem Hinweis auf die „VDI-Veranstaltung“. Weitere Hotels in der Nähe des Veranstaltungsortes finden Sie auch über unseren kostenlosen Service von HRS, [www.vdi-wissensforum.de/hrs](http://www.vdi-wissensforum.de/hrs)

**Leistungen:** Im Leistungsumfang ist die Bereitstellung der Veranstaltungsunterlagen enthalten. Bei Präsenzveranstaltungen werden die Pausengetränke und an jedem vollen Veranstaltungstag ein Mittagessen gestellt.

**Exklusiv-Angebot:** Als Teilnehmer dieser Veranstaltung bieten wir Ihnen eine 3-monatige, kostenfreie VDI-Probenmitgliedschaft an (dieses Angebot gilt ausschließlich bei Neuaufnahme).

**Datenschutz:** Die VDI Wissensforum GmbH verwendet die von Ihnen angegebene E-Mail-Adresse, um Sie regelmäßig über ähnliche Veranstaltungen der VDI Wissensforum GmbH zu informieren. Wenn Sie zukünftig keine Informationen und Angebote mehr erhalten möchten, können Sie der Verwendung Ihrer Daten zu diesem Zweck jederzeit widersprechen. Nutzen Sie dazu die E-Mail-Adresse [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de) oder eine andere der oben angegebenen Kontaktmöglichkeiten.

Auf unsere allgemeinen Informationen zur Verwendung Ihrer Daten auf <https://www.vdi-wissensforum.de/datenschutz-print> weisen wir hin. Hiermit bestätige ich die AGBs der VDI Wissensforum GmbH sowie die Richtigkeit der oben angegebenen Daten zur Anmeldung.

Ihre Kontaktdaten haben wir basierend auf Art. 6 Abs. 1 lit. f) DSGVO (berechtigtes Interesse) zu Werbezwecken erhoben. Unser berechtigtes Interesse liegt in der zielgerichteten Auswahl möglicher Interessenten für unsere Veranstaltungen. Mehr Informationen zur Quelle und der Verwendung Ihrer Daten finden Sie hier: [www.wissensforum.de/adressquelle](http://www.wissensforum.de/adressquelle)

Mit dem FSC® Warenzeichen werden Holzprodukte ausgezeichnet, die aus verantwortungsvoll bewirtschafteten Wäldern stammen, unabhängig zertifiziert nach den strengen Kriterien des Forest Stewardship Council® (FSC). Für den Druck sämtlicher Programme des VDI Wissensforums werden ausschließlich FSC-Papiere verwendet.

