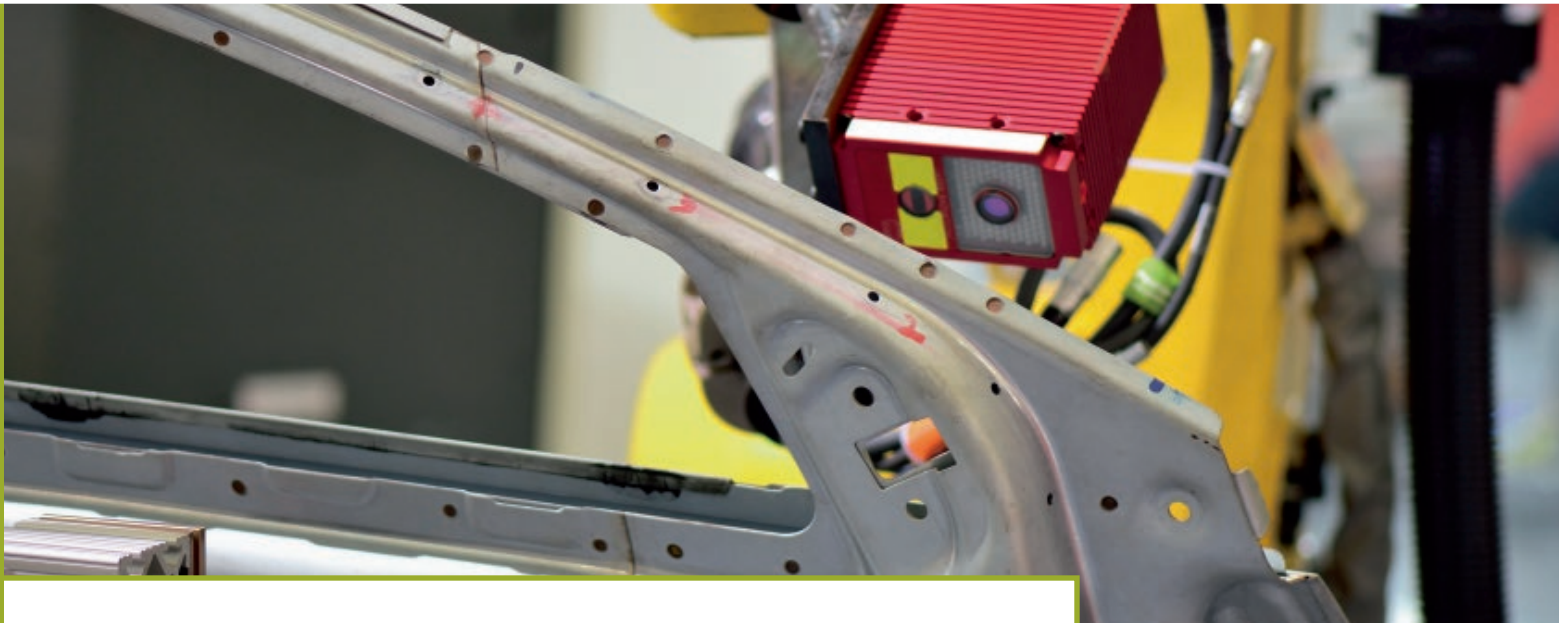


+ Gemeinsame Durchführung  
einer Modalanalyse

Seminar

# Modalanalyse verstehen, anwenden und Ergebnisse interpretieren



## Die Top-Themen:

- **Modalanalyse in Experiment und Simulation: Die Theorie und ihre Grenzen**
- **Grundlagen der Schwingungsmesstechnik**
- **Signalanalyse vs. Modellbasierte Systemanalyse**
- **Curve-Fitting: Keine reine Ansichtssache**
- **Model-Updating und mehr: Verwendung der Ergebnisse**

## Termine und Orte

- 23. und 24.01.2023, Berlin
- 28. und 29.03.2023, Online
- 12. und 13.07.2023, Nürtingen
- 26. und 27.10.2023,  
Frankfurt am Main

Modalanalyse als Tool zur  
optimalen Auslegung Ihrer  
Struktur

## Ihre Seminarleitung

Dipl.-Ing. Matthias Keil,  
Technischer Direktor,  
Maul-Theet GmbH, Berlin

## Allgemeine Informationen

### Zielsetzung

**Die Modalanalyse ist ein Tool zur Ermittlung von Eigenfrequenzen, Eigenformen und der modalen Dämpfung. Kenntnisse der modalen Größen sind Basis für schwingungsoptimierte Konstruktionen oder nachträglich vorzunehmende schwingungsmindernde Maßnahmen. Vermittelt wird die Modalanalyse anhand theoretischer Überlegungen und der praktischen Durchführung.**

Das Schwingungsverhalten einer angeregten Struktur wird durch das Auftreten von Eigenschwingungen beeinflusst. Bei diskreten Frequenzen (Eigenfrequenzen) treten nach Abschalten der Erregung freie Schwingungen des Systems auf (Eigenschwingungen), die verschiedene Formen aufweisen. Die Integration der experimentellen Bestimmung dieser Größen ist bei der Produktentwicklung von Vorteil und für die Minderung der Schwingungen von Endsystemen unumgänglich.

Neben den Grundlagen der Modalanalyse sowie zur Messungen von Schwingungen lernen Sie an zwei Tagen, wie Sie komplexe mechanische Strukturen als Mehrfreiheitsgradschwinger abstrahieren. Vor- und Nachteile der Signal- und Systemanalyse werden vorgestellt, die experimentelle Bestimmung von Eigenfrequenzen, Eigenformen und der modalen Dämpfung behandelt. Das Erkennen und Vermeiden von Messfehlern wird ebenso betrachtet, wie die Umsetzung in die Praxis.

### Zielgruppe

Mitarbeiter aus:

- Entwicklung und Konstruktion / Produktentwicklung
- Mess- und Prüftechnik / Qualitätssicherung
- Instandhaltung
- Verpackungstechnik

### 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](mailto:inhouse@vdi.de)

**Herr Heinz Küsters**



Tel.: +49 211 6214-278, E-Mail: [kuesters@vdi.de](mailto:kuesters@vdi.de)

### Veranstaltungsdokumentation

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



### Seminarleitung

**Dipl.-Ing. Matthias Keil**, Technischer Direktor, Maul-Theet GmbH, Berlin



Herr Dipl.-Ing. Matthias Keil studierte an der Technischen Universität Berlin Maschinenbau mit der Fachrichtung Konstruktionstechnik. Nach seiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am damaligen Institut für Schwingungslehre und Maschinendynamik der TU Berlin, sammelte er bei der Maul-Theet GmbH, einem Ingenieurbüro für Schwingungstechnik, Erfahrungen im Bereich der Soft- und Hardwareentwicklung auf allen Gebieten der Strukturmechanik.

Bis heute ist er als leitender Angestellter für die Maul-Theet GmbH in allen Bereichen der Schwingungsmessung und Strukturmechanik in zahlreichen Dienstleistungsprojekten tätig. Als technischer Direktor der Maul-Theet GmbH kann er auf mehr als 20 Jahre Erfahrung im Bereich der Softwareentwicklung zur Modalanalyse zurückgreifen.

### Seminarmethoden

Dieses Seminar beginnt mit den notwendigen theoretischen Grundlagen der Schwingungslehre und Modalanalyse. Im Anschluss daran wird die praktische Umsetzung der Modalanalyse erklärt und auf Feinheiten in der Messdatenerfassung aufmerksam gemacht. Durch praktische Messungen an realen Strukturen mit unterschiedlichen Messsystemen sollen die Grundlagen vertieft und ein umfassendes Verständnis für die Modalanalyse geschaffen werden.



### Weitere interessante Veranstaltungen

**Schwingungsmesstechnik: Schwingungen messen u. analysieren**  
07. und 08. Februar 2023, Düsseldorf

**9. VDI-Fachtagung Humanschwingungen 2023**  
09. und 10. Mai 2023, Würzburg

## Seminarinhalte

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

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

### Grundlagen der Schwingungsmesstechnik

- Einordnung, Darstellung und Kennzeichnung von Schwingungen
- Das Resonanzphänomen: Diskomfort, zerstörerische Kräfte und Momente, aber manchmal auch erwünscht
- Freie und erzwungene Schwingungen
- Was sind Eigenfrequenzen, Eigenformen und modale Dämpfung?
- Beeinflussung von Schwingungen durch Strukturmodifikation, Schwingungsisolierung, Einbau von Tilgern und Verminderung der erregenden Schwingungen

### Systemanalyse vs. Strukturanalyse

- Modellvorstellung und Voraussetzungen für die messtechnische Schwingungs- und Systemanalyse
- Vom Einfreiheitsgradschwinger zum Mehrfreiheitsgradschwinger
- Übertragungsfunktion und Transmissibilitäten
- Anregung und Antwortmessung
- Messfehler: Aliasing, Leakage und Picket fences

### Vorüberlegungen zur Durchführung der Modalanalyse

- Diskretisierung kontinuierlicher Systeme
- Fourier-Transformation und deren Umsetzung
- Analysator-Einstellungen wie z.B. Frequenzband, Triggering und Länge des Messzeitfensters

### ++ Gruppenübung: Schwingungsmessung mittels moderner Analysator-Software.

### Bestimmung von Übertragungsfunktionen als Grundlage der experimentellen Modalanalyse

- Experimentelle Bestimmung der Übertragungsfunktionen
- Aufbau der Übertragungsfunktionsmatrix
- Bewertung der Messergebnisse
- Einfluss von Nichtlinearitäten: Randbedingungen, Geometrie
- Einfluss von zeitlich veränderlichen Systemeigenschaften

### ++ Gruppenübung: Experimentelle Bestimmung von Übertragungsfunktionen

### Bestimmung der modalen Größen aus Übertragungsfunktionen

- Dämpfungsmodelle wie die Proportionaldämpfung und ein allgemeines Dämpfungsmodell
- Fitverfahren: Peak-Picking und Komplexexponentialfit
- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse

### ++ Gruppenübung: Bestimmung der Eigenfrequenzen, Eigenformen und der modalen Dämpfung aus den gemessenen Übertragungsfunktionen

### Umgang mit nicht-perfekten Bedingungen

- Gestaltung passender Randbedingungen
- Modellierung und Umgang mit Nichtlinearitäten
- Umgang mit Zufallsschwingungen: Schwingungen zeitvarianter Systeme wie Kardangelenke oder Rohrleitungen

### Verwendung der experimentell ermittelten modalen Größen

- Simulation erzwungener Schwingungen
- Sensitivitätsanalyse: Wirksamkeit möglicher Strukturveränderungen
- Strukturmodifikation: Auswirkungen von Steifigkeits- und Massenveränderungen

### ++ Gruppenübung: Durchführung einer Sensitivitätsanalyse und Strukturmodifikation

### Behandlung von Schwingungsproblemen mit den Erkenntnissen aus der experimentellen Modalanalyse

- Prinzipielles Model-Updating und Konstruktionsanpassung
- Tilgerauslegung und Schwingungsisolation
- Identifizierung von Schädigungen
- Grenzen der experimentellen Modalanalyse

### ++ Gruppenübung: Durchführung eines Model-Updateings



Sie erhalten Antworten auf diese Fragen

1. Welche Methoden zur experimentellen Modalanalyse gibt es?
2. Wie wird eine experimentelle Modalanalyse durchgeführt?
3. Wodurch unterscheiden sich die verschiedenen Curve-Fitting-Verfahren?
4. Was ist der Unterschied zwischen einer Signal- und einer Systemanalyse?
5. Womit kann ein Model-Updating durchgeführt werden?

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"/> <b>23. und 24. Januar 2023</b> Berlin (02SE071017)	<input type="checkbox"/> <b>28. und 29. März 2023</b> Online (02SE071706)	<input type="checkbox"/> <b>12. und 13. Juli 2023</b> Nürtingen bei Stuttgart (02SE071018)	<input type="checkbox"/> <b>26. und 27. Oktober 2023</b> Frankfurt am Main (02SE071019)
EUR 1.890,-	EUR 1.890,-	EUR 1.890,-	EUR 1.890,-

22M02EM57

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)**

**Berlin:** NH Berlin Alexanderplatz, Landsberger Allee 26-32, 10249 Berlin, Tel. +49 30/422613-0, E-Mail: [nhberlinalexanderplatz@nh-hotels.com](mailto:nhberlinalexanderplatz@nh-hotels.com)

**Online:** Tel. +49 211/6214-201, E-Mail: [wissensforum@vdi.de](mailto:wissensforum@vdi.de)

**Nürtingen:** Best Western Plus Hotel Am Schlossberg, Europastraße 13, 72622 Nürtingen, Tel. +49 7022/704-0, E-Mail: [info@schlossberg.bestwestern.de](mailto:info@schlossberg.bestwestern.de)

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

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.

