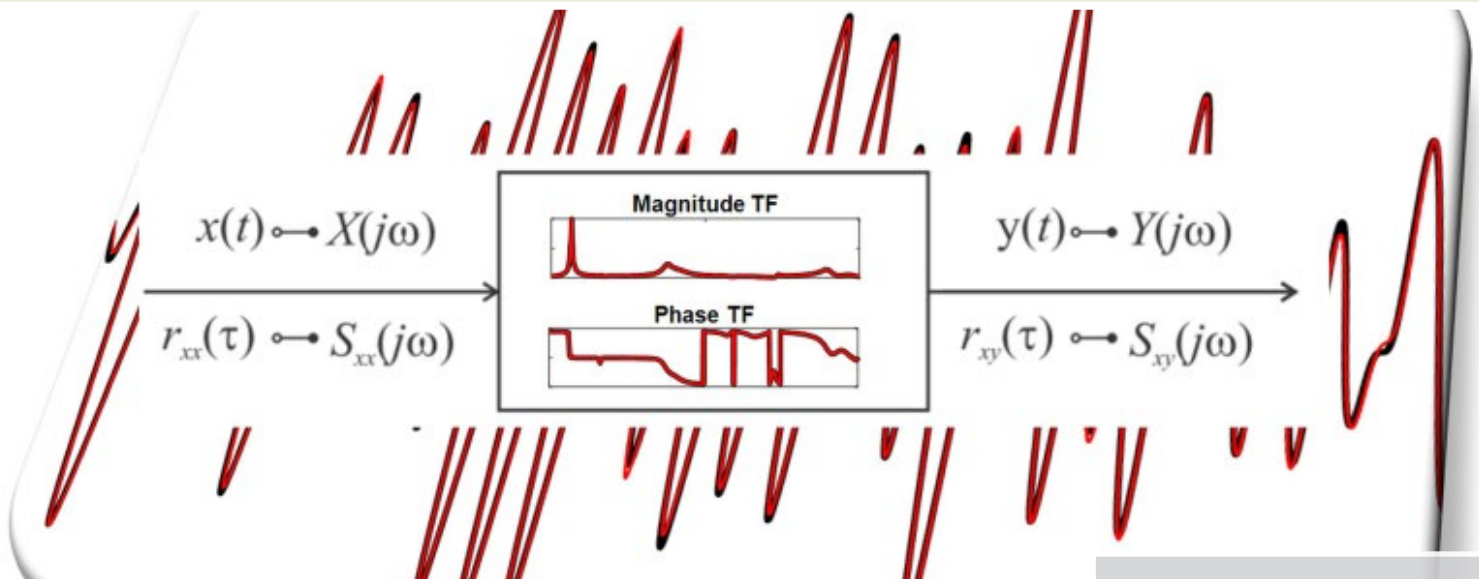


Seminar

# Zufallsschwingungen - verstehen, messen und analysieren



## Die Top-Themen:

- **Charakterisierung von Zufallsschwingungen im Zeit- und Frequenzbereich**
- **Schwingungsverhalten linearer Systeme bei stationärer Breitbandanregung**
- **Auto- und Kreuzkorrelation mit Zufallsschwingungen**
- **Impuls- und Frequenzantwort bei Rauschanregung**
- **Modalanalyse mit stochastischer Anregung**
- **Systemidentifikation mit adaptiven Filtern**

## Termine und Orte

19. und 20. Mai 2025  
Berlin

11. und 12. September 2025  
Filderstadt

Der Kurs vermittelt praktisches Wissen zu Zufallsschwingungen in Verbindung mit Signal- und Systemtheorie.

Ihre Seminarleitung  
**Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschkowski**, Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Fakultät Technik und Informatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

## Allgemeine Informationen

### Zielsetzung

**Das Seminar gibt einen Einblick in das praktische Arbeiten mit regellosen Prozessen und deren praktische Anwendung in der Schwingungsmesstechnik. Nach Vorstellung einführender Beispiele lernen die Teilnehmenden, wie stochastische Signale charakterisiert und messtechnisch erfasst werden können. Hierauf aufbauend wird die Beschreibung linearer Systeme im Zeit- und Frequenzbereich als Grundlage für die Signal- und Systemanalyse mit stochastischen Signalen erläutert. Das praktische Arbeiten mit Zufallsschwingungen in der Schwingungsmesstechnik wird anhand von Beispielen zu Korrelations- und Spektralanalysen vorgestellt.**

Weiterhin werden Beispiele zur Messung von Impuls- und Frequenzantwort mit breitbandigen stochastischen Signalen behandelt. Kleine Demonstrationen ermöglichen einen Einblick in das praktische Messen und Bewerten von Rauschsignalen. Die Teilnehmenden erhalten einen Einblick in die Modalanalyse bei stochastischer Anregung sowie in die Identifikation dynamischer Systeme mit selbst-adaptiven digitalen Filtern. Kurze Hinweise zu Sensoren und Schwingererregern, zur digitalen Messwertverarbeitung und Analyse von Messdaten runden das Seminar ab.

#### Sie lernen in diesem Seminar, wie Sie:

- Für Zufallsschwingungen typische Phänomene erkennen und messen.
- Zufallsschwingungen mit Hilfe geeigneter Kenngrößen und Kennfunktionen charakterisieren können.
- Das Schwingungsverhalten linearer Systeme bei stationärer Breitbandanregung im Zeit- und Frequenzbereich beschreiben können.
- Impuls- und Übertragungsfunktionen mit Zufallsschwingungen bestimmen können.
- Zufallsschwingungen in der praktischen Schwingungsmesstechnik für Korrelations- und Spektralanalysen einsetzen können.
- Stationäre Breitbandanregungen für die experimentelle Modalanalyse sowie die Identifikation dynamischer Systeme mit selbst-adaptiven digitalen Filtern nutzen können.

### Zielgruppe

Angesprochen sind Ingenieur\*inne und Fachkräfte aus den Bereichen:

- Entwicklung und Konstruktion
- Berechnung, Simulation und Versuch
- Mess- und Prüftechnik
- Systemintegration und Zustandsüberwachung
- Umweltsimulation und -prüfung
- Angewandte Forschung

### Veranstaltungsdokumentation

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



#### Seminarleitung

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



Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschkowski studierte an der Technischen Universität Berlin Physikalische Ingenieurwissenschaft mit den Schwerpunkten Kontinuums- und Strukturmechanik, Schwingungstechnik und Dynamik sowie Mathematische Methoden der Ingenieurwissenschaften.

Nach 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 HAW Hamburg fort, an der er Adaptronik und Strukturmechanik in Lehre und Forschung vertritt.

Thomas Kletschkowski ist Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Akustik (DEGA) sowie im Redaktionsbeirat des Akustik-Journals der DEGA.



#### 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)



#### Weitere interessante Veranstaltungen

**Modalanalyse verstehen, anwenden u. Ergebnisse interpretieren**  
27. und 28. Mai 2025, Düsseldorf

**Schwingungsmesstechnik: Schwingungen messen u. analysieren**  
12. und 13. Juni 2025, Nürnberg

## Seminarinhalte

- 1. Tag** 10:00 bis 17:30 Uhr  
**2. Tag** 09:00 bis 15:00 Uhr

### Beispiele und Bedeutung von Zufallsprozessen

- Einfluss stochastischer Fahrbahnprofile auf Aufbauschwingungen
- Kabinenlärm infolge turbulenter Grenzschicht
- Wandler-Rauschen in Messsystemen
- Auslegung einer Schwingungsisolationen

### Beschreibung stochastischer Prozesse durch Zufallsgrößen und -funktionen

- Zufällige Ereignisse, Wahrscheinlichkeit und Wahrscheinlichkeitsdichte
- Mittelwerte, Momente und charakteristische Funktionen
- Normalverteilung und Verteilungsdichte der Funktion von Zufallsgrößen

### Zufallsschwingungen linearer Systeme im Zeit- und Frequenzbereich

- Darstellung linearer zeitinvarianter Systeme im Zeit- und Frequenzbereich
- Korrelationsfunktion und Spektraldichten bei stationärer Breitbandanregung
- Schwingungsverhalten linearer Systeme bei stationärer Breitbandanregung

### Hinweise zur Schwingungsmesstechnik, digitalen Messwertverarbeitung und Analyse der Messdaten

- Funktionsweise typische Sensoren und Schwingerreger
- Digitale Messwertverarbeitung und Fehlerquellen
- Verfahren zur Analyse der Messdaten im Frequenzbereich
- Demonstration von Zufallsschwingungen im Experiment

### Arbeiten mit Zufallsschwingungen in Korrelations- und Spektralanalysen

- Signalwiedererkennung und Laufzeitbestimmung mittels Auto- und Kreuzkorrelationsanalyse
- Bestimmung von Impulsantworten und Übertragungsfunktionen mit stochastischen Signalen
- Effekt von rauschartigen Störungen an Sensor- und Anregungspunkt in der Schätzung von Übertragungsfunktionen

### Modalanalyse mit stationärer Breitbandanregung

- Grundgedanken der Modaltheorie
- Hinweise zur experimentellen Modalanalyse mit stationärer Breitbandanregung:
  - » Anregungs- und Antwortspektren, Amplituden- und Phasenfrequenzgänge, Modale Dämpfung
- Abgrenzung von Modal- und Betriebschwingformanalyse

### Systemidentifikation mit selbst-adaptiven Filtern und Rauschanregung

- Nachbildung analoger Systeme mit diskreten Filtern
- Selbst-adaptive FIR-Filter
- Hinweise zur Systemidentifikation mit selbst-adaptiven Filtern und Rauschanregung:
  - » Lernkurve, diskrete Impulsantwort, Bode-Diagramm



### Warum Sie dieses Seminar besuchen sollten

1. Sie erhalten eine kompakte Einführung in Welt der Zufallsschwingungen.
2. Sie lernen, Phänomene stochastischer Signale zu erkennen.
3. Sie erhalten einen Einblick in die mathematische Beschreibung von Zufallsschwingungen.
4. Sie erhalten einen Einblick in die messtechnische Anwendung von Zufallsschwingungen.
5. Sie befassen sich mit den Grundlagen der Signal- und Systemidentifikation.

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"/> 19. und 20. Mai 2025 Berlin (02SE438003)	<input type="checkbox"/> 11. und 12. September 2025 Filderstadt (02SE438004)
EUR 2.090,-	EUR 2.090,-

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)**

**Berlin:** NH Collection Berlin Mitte am Checkpoint Charlie, Leipzigerstr. 106 -111, 10117 Berlin, Tel. +49 30/20376-0, E-Mail: [nhcollectionberlinmitte@nh-hotels.com](mailto:nhcollectionberlinmitte@nh-hotels.com)  
**Filderstadt:** NH Stuttgart Airport, Bonländer Hauptstr. 145, 70794 Filderstadt, Tel. +49 711/7781-0, E-Mail: [nhstuttgartairport@nh-hotels.com](mailto:nhstuttgartairport@nh-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 sind die Pausengetränke und an jedem vollen Veranstaltungstag ein Mittagessen enthalten. Die Veranstaltungsunterlagen werden zur Verfügung 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.

