

**Modulbezeichnung:** Numerische und Experimentelle Modalanalyse (NEMA) 5 ECTS  
(Numerical and Experimental Modal Analysis)

Modulverantwortliche/r: Kai Willner  
Lehrende: Özge Akar, Kai Willner

Startsemester: WS 2021/2022      Dauer: 1 Semester      Turnus: jährlich (WS)  
Präsenzzeit: 60 Std.      Eigenstudium: 90 Std.      Sprache: Deutsch

**Lehrveranstaltungen:**

Numerische und Experimentelle Modalanalyse (WS 2021/2022, Vorlesung, 2 SWS, Kai Willner)  
Übungen zur Numerischen und Experimentellen Modalanalyse (WS 2021/2022, Übung, 2 SWS, Özge Akar)

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Kenntnisse aus dem Modul "*Technische Schwingungslehre (TSL)*"

**Inhalt:**

**Numerische Modalanalyse**

- Numerische Lösung des Eigenwertproblems
- Modale Reduktion
- Dämpfungs-, Massen- und Punktmassenmatrizen
- Lösung der Bewegungsgleichungen, Zeitschrittintegration

**Experimentelle Modalanalyse**

- Grundlagen der Signalanalyse: Fourier-Transformation, Aliasing, Leakage
- Experimentelle Analyse im Zeit- und Frequenzbereich

**Lernziele und Kompetenzen:**

*Fachkompetenz*

*Wissen*

- Die Studierenden kennen die analytische Lösung für die freie Schwingung einfacher Kontinua wie Stab und Balken.
- Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblems.
- Die Studierenden kennen die Methode der modalen Reduktion.
- Die Studierenden kennen verschiedene Möglichkeiten der Dämpfungsbeschreibung.
- Die Studierenden kennen den Unterschied zwischen der konsistenten Massenmodellierung und Punktmassen.
- Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Zeitschrittintegration.
- Die Studierenden kennen die Grundlagen der Signalanalyse im Frequenzbereich auf der Basis der Fouriertransformation.
- Die Studierenden kennen die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der numerischen und experimentellen Modalanalyse.
- Die Studierenden kennen die prinzipielle Vorgehensweise bei der experimentellen Modalanalyse sowie die entsprechenden Fachtermini.
- Die Studierenden kennen verschiedene Messaufnehmer und Anregungsverfahren.
- Die Studierenden kennen die verschiedenen Übertragungsfrequenzgänge und Verfahren zur Bestimmung der modalen Parameter.
- Die Studierenden kennen verschiedene Verfahren zur Überprüfung der Linearität eines Systems.

*Verstehen*

- Die Studierenden können die Probleme bei der numerischen Dämpfungsmodellierung erläutern.
- Die Studierenden können die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Massenmodellierungen erklären sowie den Einfluss auf die Eigenwerte bei verschiedenen Elementtypen erläutern.
- Die Studierenden verstehen das Shannonsche Abtasttheorem und können damit den Einfluss von Abtastauflösung und Abtastlänge auf das Ergebnis der diskreten Fouriertransformation erläutern.

- Die Studierenden können die Probleme des Aliasing und des Leakage erklären und Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Reduktion dieser Fehler erläutern.
- Die Studierenden verstehen den Einfluß verschiedener Lagerungs- und Anregungsarten der zu untersuchenden Struktur auf das Messergebnis.
- Die Studierenden verstehen den Zusammenhang der verschiedenen Übertragungsfrequenzgänge und können diesen zum Beispiel anhand der Nyquist-Diagramme erklären.

#### *Anwenden*

- Die Studierenden können das Verfahren der simultanen Vektoriteration zur Bestimmung von Eigenwerten und -vektoren implementieren.
- Die Studierenden können verschiedene Zeitschrittintegrationsverfahren implementieren.
- Die Studierenden können eine Signalanalyse im Frequenzbereich mit Hilfe kommerzieller Programme durchführen.
- Die Studierenden können verschiedene Übertragungsfrequenzgänge ermitteln und daraus die modalen Parameter bestimmen.

#### *Analysieren*

- Die Studierenden können eine geeignete Dämpfungs- und Massenmodellierung für die numerische Modalanalyse auswählen.
- Die Studierenden können ein problemangepasstes Verfahren zur Lösung des Eigenwertproblems auswählen.
- Die Studierenden können ein problemangepasstes Zeitschrittintegrationsverfahren auswählen.
- Die Studierenden können für eine gegebene Messaufgabe einen Versuchsaufbau mit geeigneter Lagerung und Anregung der Struktur konzipieren.
- Die Studierenden können für eine gegebene Messaufgabe eine passende Abtastrate und -dauer sowie entsprechende Filter bzw. Fensterfunktionen wählen.
- Die Studierenden können ein geeignetes Dämpfungsmodell zur Bestimmung der modalen Dämpfungen auswählen.

#### *Evaluiere (Beurteilen)*

- Die Studierenden können eine numerische Eigenwertlösung anhand verschiedener Kriterien wie verwendetes Verfahren, Dämpfungs- und Massenmodellierung kritisch beurteilen und gegebenenfalls qualifizierte Verbesserungsvorschläge machen.
- Die Studierenden können eine numerische Lösung im Zeitbereich anhand verschiedener Kriterien wie verwendetes Verfahren, Zeitschrittweite etc. kritisch beurteilen und gegebenenfalls qualifizierte Verbesserungsvorschläge machen.
- Die Studierenden können das Ergebnis einer Fourier-Signalanalyse kritisch beurteilen, eventuelle Fehler bei der Messung erkennen und sinnvolle Maßnahmen zur Verbesserung aufzeigen.
- Die Studierenden können die experimentell ermittelten modalen Parameter anhand verschiedener Kriterien wie zum Beispiel MAC-Werte beurteilen.
- Die Studierenden können die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Modalanalyse anhand von Linearitätstests überprüfen und beurteilen.
- Die Studierenden können die Ergebnisse einer numerischen und experimentellen Modalanalyse kritisch vergleichen, qualifizierte Aussagen über die jeweilige Modellgüte machen und gegebenenfalls Vorschläge zur Verbesserung machen.

#### **Literatur:**

- Bode, H.: Matlab-Simulink: Analyse und Simulation dynamischer Systeme. Stuttgart, Teubner, 2006
- Bathe, K.: Finite-Elemente-Methoden. Berlin, Springer, 2001
- Ewins, D.J.: Modal Testing. Research Studies Press, 2000

---

#### **Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:**

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

##### **[1] Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Wahlpflichtmodule (Vertiefungsmodule) | Numerische und experimentelle Modalanalyse)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)", "Computational Engineering (Master of Science)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Bachelor of Science)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "Maschinenbau (Bachelor of Science)", "Maschinenbau (Master of Science)", "Mechatronik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Medizintechnik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

---

**Studien-/Prüfungsleistungen:**

Numerische und experimentelle Modalanalyse (Prüfungsnummer: 72651)

(englische Bezeichnung: Lecture/Tutorial: Numerical and Experimental Modal Analysis)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 60

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: WS 2021/2022, 1. Wdh.: SS 2022

1. Prüfer: Kai Willner

---