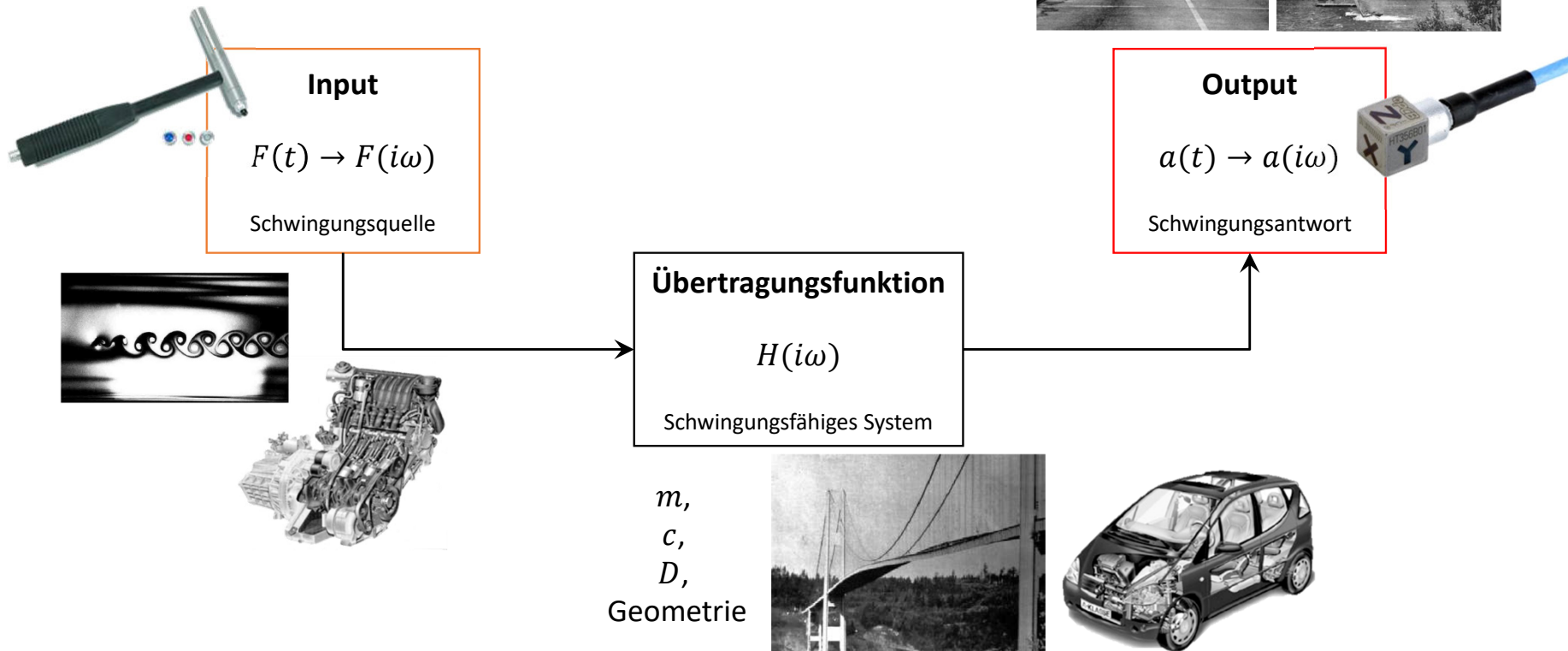


Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

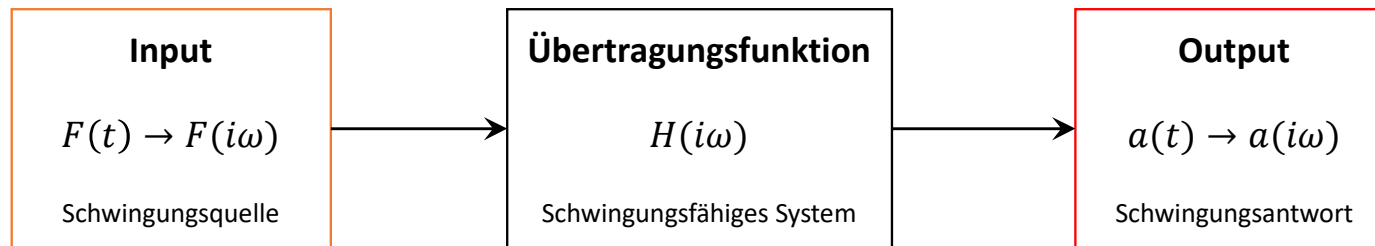
Beschreibung eines schwingungsfähigen Systems:



Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Beschreibung eines schwingungsfähigen Systems:



$$H_{11}(i\omega) = \frac{a_1(i\omega)}{F_1(i\omega)}$$

$$\begin{pmatrix} F_1(i\omega) \\ \vdots \\ F_n(i\omega) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_{11}(i\omega) & \cdots & H_{1n}(i\omega) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ H_{n1}(i\omega) & \cdots & H_{nn}(i\omega) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1(i\omega) \\ \vdots \\ a_n(i\omega) \end{pmatrix}$$

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Gängige Methoden:

- Experimentelle Modalanalyse:
 - Messung an der fertigen Struktur
 - z.B. für Bauwerke erst nach Fertigstellung möglich
 - je nach Struktur aufwändige Durchführung
- Numerische Modalanalyse (FEM):
 - Berechnung anhand des CAD-Modells der Struktur
 - entwicklungsbegleitende Analysen möglich
 - grobe Abschätzung der Eingabeparameter (Einspannungen und Dämpfung)
 - führt unter Umständen zu wenig verlässlichen Ergebnissen

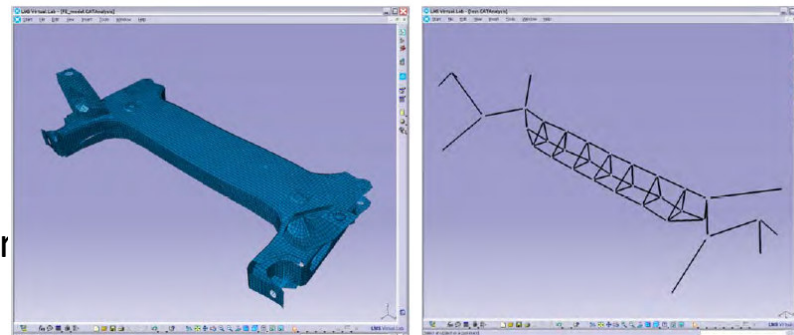


Quelle: Siemens Industry Software GmbH

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse
Gängiger Ansatz:

1. Numerische Modalanalyse mittels FEM
 - Festlegung der Messpunkte und Anregungspunkte für Experimentelle Modalanalyse
2. Experimentelle Modalanalyse
 - Ermittlung der Eingabeparameter für Numerische Modalanalyse mittels FEM
3. Model Updating
 - iterative Verbesserung des Berechnungsmodells
 - Ziel: Bessere Ausgangsmodelle für zukünftige Berechnungen



Quelle: Seminarunterlagen „Strukturdynamik und Lebensdauer“; LMS International

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Vorgehensweise und Zielsetzung:

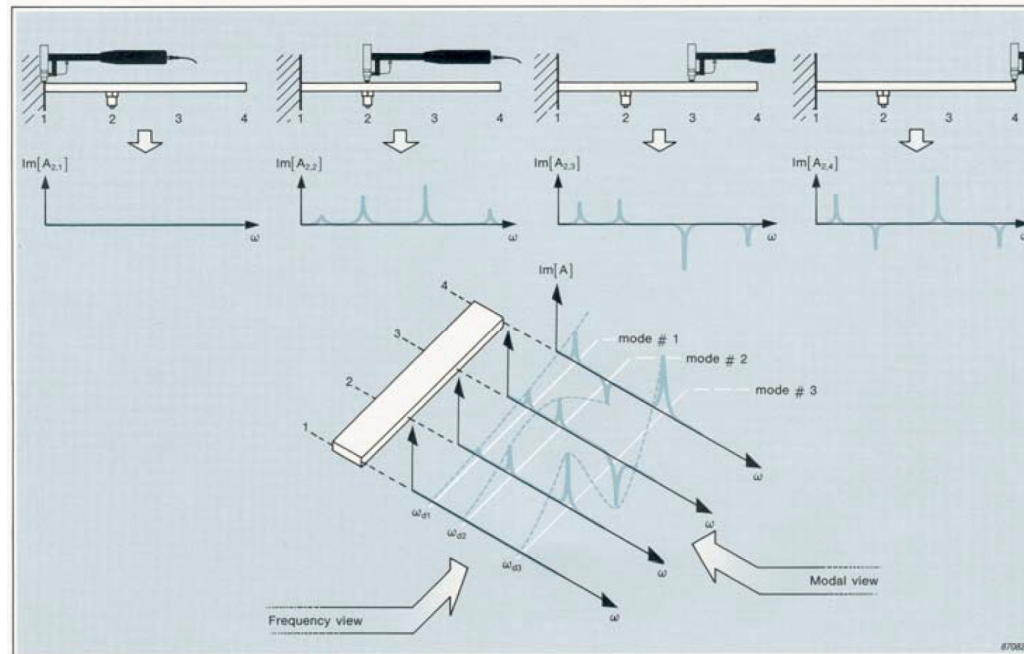
- Vorgehensweise zur Bestimmung der Systemeigenschaften:
 - Anregung der Struktur:
 - Messung der anregenden Kraft $F(t) \rightarrow F(i\omega)$
 - Messung der Antwortbeschleunigungen an der Struktur $a(t) \rightarrow a(i\omega)$
 - Bestimmung der Übertragungsfunktionen $H(i\omega)$ für jeden der n Strukturfreiheitsgrade
 - Erzeugen eines Modalen Ersatzsystems:
 - Annäherung der gemessenen Übertragungsfunktionen durch mathematische Funktionen ("Curve Fitting")
 - Erzeugung einer Übertragungsmatrix ($n \times n$)

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Vorgehensweise und Zielsetzung:

- Vorgehensweise zur Bestimmung der Systemeigenschaften:



Quelle: „Structural Testing – Part2 – Modal Analysis and Simulation“; Brüel & Kjaer

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Ergebnisse der Modalanalyse und deren Verwendung:

- Modale Frequenzen (Eigenfrequenzen):
 - Identifikation von Resonanzen, Vergleich mit Betriebsdrehzahlen
- Modale Dämpfung (Dämpfungsgrade):
 - Eingabeparameter für FEM-Simulationsmodell
- Modale Vektoren / Mode Shapes (Eigenvektoren / Eigenformen):
 - gezielte Abhilfemaßnahmen an Stellen starker Verformung
- Modales Ersatzmodell:
 - Simulative Überprüfung der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen
 - erzwungene Anregung variieren
 - Strukturmodifikationen testen
 - Änderung der Übertragungsmatrix

Visualisierung von Schwingformen

Ausblick Modalanalyse

Strukturmodifikation:

- Voraussetzung für Strukturmodifikationen:
 - Eigenformen dürfen sich nicht verändern, da sonst das Modale Ersatzsystem verändert wird
 - Masse: Hinzufügen / Wegnehmen einer Masse an einem Freiheitsgrad
 - Bohrungen u. Taschen zur Gewichtsreduktion; Zusatzmassen
 - Versteifung: Steifigkeiten zwischen Freiheitsgraden
 - Rippen, Sicken, steifere Querschnitte
 - Dämpfer: Dämpfungen zwischen Freiheitsgraden
 - Dämpfungsmatten, viskose Dämpfer