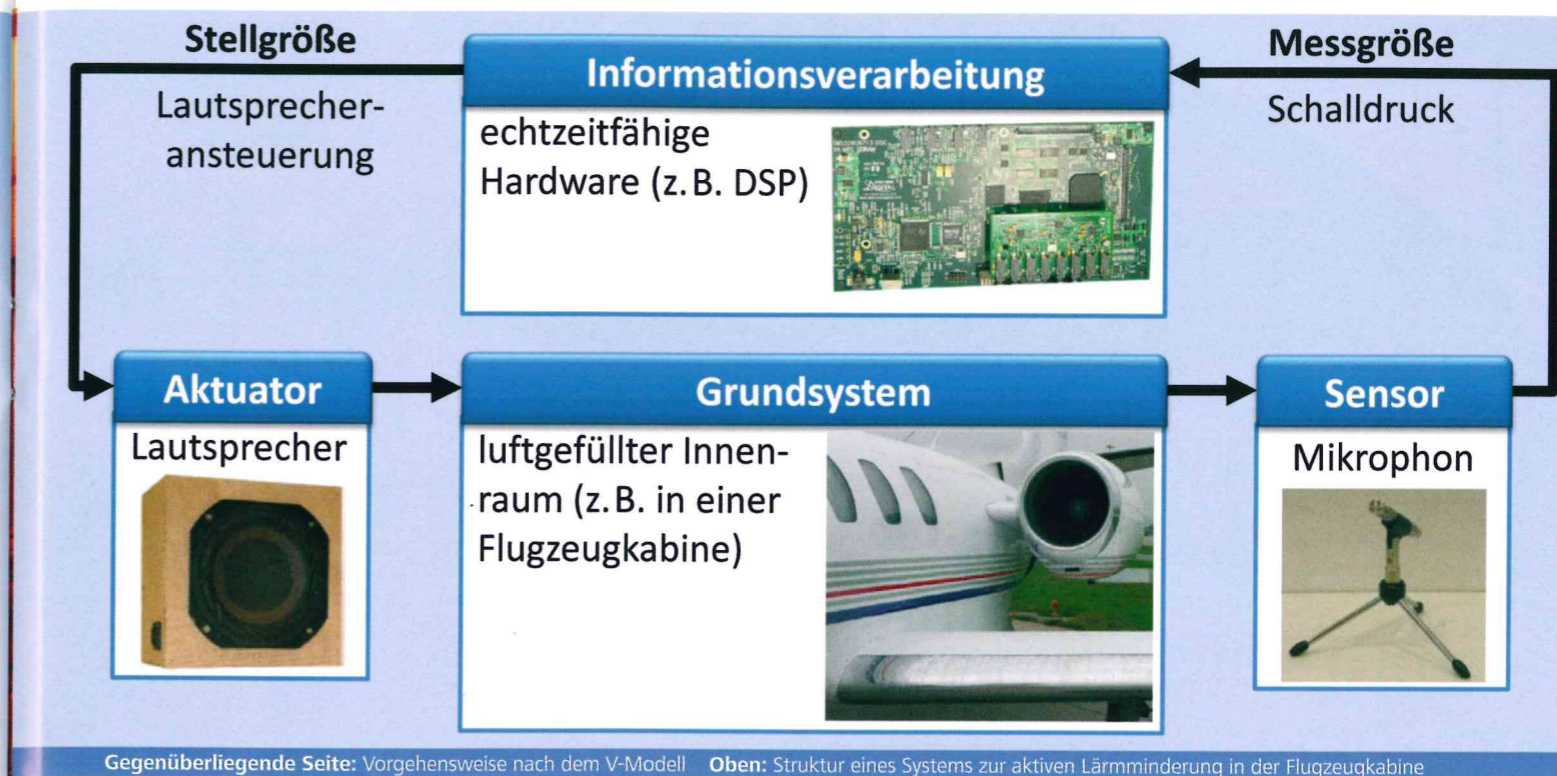
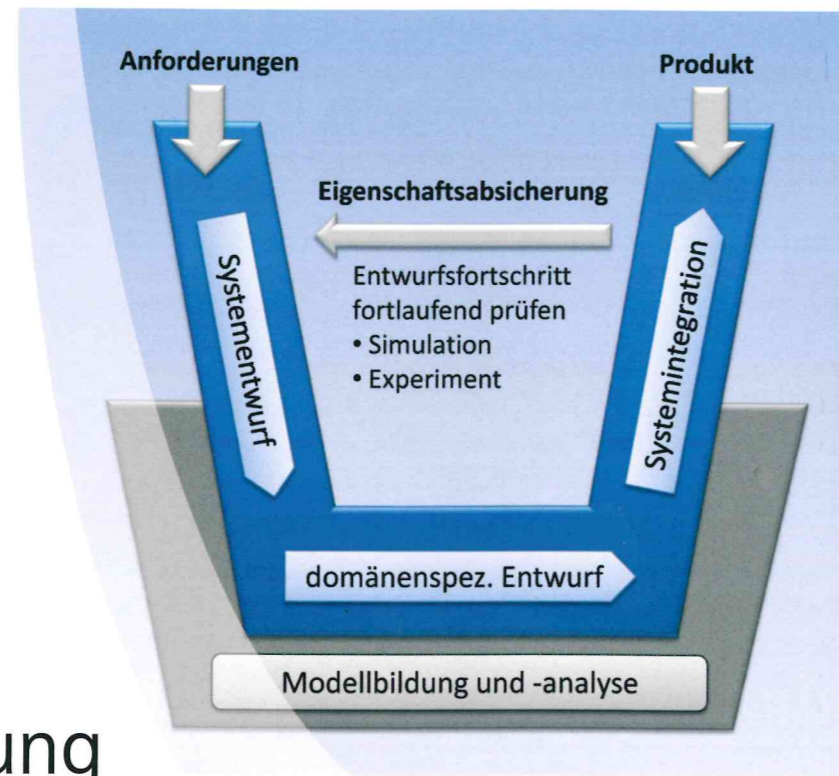


Aktive Systeme zur Schall- und Schwingungsregelung



Gegenüberliegende Seite: Vorgehensweise nach dem V-Modell Oben: Struktur eines Systems zur aktiven Lärminderung in der Flugzeugkabine

Die Dynamik technischer Systeme bedingt die Entstehung und Ausbreitung von Luft- und Körperschall, deren Wirkungen auf Menschen und Maschinen vornehmlich mithilfe passiver Maßnahmen begrenzt werden. Um die Leistungsfähigkeit einer Schwingungsisolation, die Massenkraftkompensation eines Tilgersystems oder die Energiedissipation eines Dämpfers aber optimal an variierende Signal- und/oder Systemeigenschaften anpassen zu können, ist es vielfach notwendig, passive Maßnahmen durch aktive Schall- und Schwingungsregelungen zu unterstützen oder gänzlich durch diese zu ersetzen. Das vielen Anwendungen zugrunde liegende Prinzip der destruktiven Interferenz wird heute in Aktivschalldämpfern, in Antischallkopfhörern oder in aktiven Triebwerksaufhängungen und auch zur aktiven Schallreduktion in Propellerflugzeugen eingesetzt.

Je nachdem ob die kinetische Energie oder die Schallabstrahlung schwingender Strukturen oder die potenzielle akustische Energie im Fluid reduziert werden soll, kommen die Verfahren Active Vibration Control (AVC), Active Structural Acoustic Control (ASAC) bzw. Active Noise Control (ANC) in Form mechatronischer oder adaptiver Systeme zum Einsatz. Dies erfordert zunächst das Detektieren von Stör- und – sofern möglich – Referenzsignalen mithilfe reeller oder virtueller Sensoren sowie ihre Analyse und Verrechnung im Rahmen einer meist digitalen (und vielfach adaptiven) Signalverarbeitung. Die berechneten Stellgrößen sind schließlich durch, in ausreichender Zahl installierte, geeignete Aktorik an optimierten Positionen aufzubringen, wobei im Falle der Adaptronik die Aktorik in die schwingende Struktur integriert ist.

Im Bild auf S. 27 wird der Informationsfluss innerhalb aktiver Systeme am Beispiel der aktiven Schallreduktion dargestellt. Aus der dort dargestellten typischen Struktur mechatronischer Systeme ergibt sich die Notwendigkeit zur Anwendung einer domänenübergreifenden Entwurfsmethodik unter besonderer Berücksichtigung folgender Fachdisziplinen:

- Strukturmechanik und technische Akustik (Basic System),
- mechanische und elektrische Messtechnik (Actuator and Sensor Technologies),
- (digitale) Signalverarbeitung (Information Processing).

Im Entwurf kann entsprechend VDI-Richtlinie 2206 nach dem sogenannten V-Modell (Bild oben) vorgegangen werden. Hierzu ist es zunächst erforderlich, die Anforderungen an das spätere Produkt (z. B. eine Senkung des Schalldruckpegels um 6 dB) zu spezifizieren. Davon ausgehend ist ein domänenübergreifendes Lösungskonzept zu erarbeiten. Hierbei gilt es,

- die Aufgabenstellung zu abstrahieren, um wesentliche Probleme zu erkennen,
- zur Erfüllung von Gesamt- und Teilfunktionen benötigte Funktionsstrukturen zu konzipieren,
- Wirkprinzipien der Teilfunktionen zu erkennen und Lösungen zu finden,
- prinzipielle Lösungsvarianten zu konkretisieren, zu bewerten und geeignete Lösungen auszuwählen.

Im Rahmen des domänenspezifischen Entwurfes erfolgt die weitere Konkretisierung des gemeinsam entwickelten Lösungskonzepts. Typische und vielfach separat lösbare Aufgaben im Hinblick auf Systeme zur aktiven Schall- und Schwingungsregelung sind:

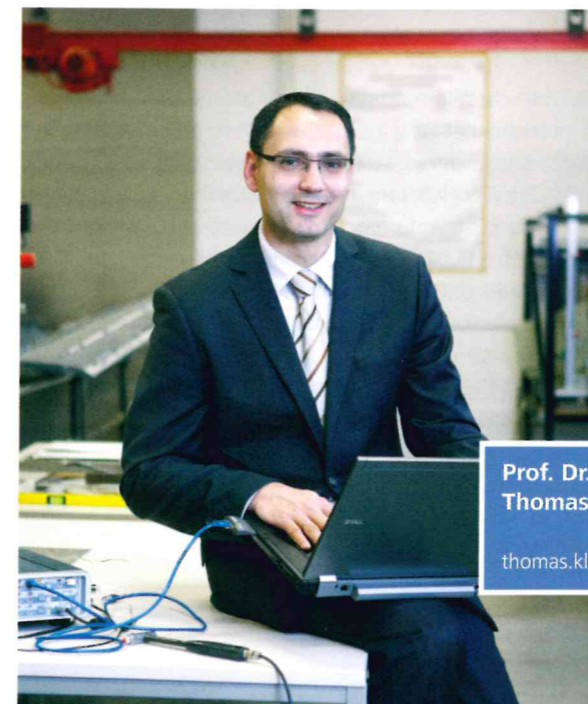
- in den Bereichen Strukturmechanik und technische Akustik die Signal- und Systemanalyse am Grundsystem,
- in den Bereichen mechanische und elektrische Messtechnik die Auslegung geeigneter Sensoren (Wandlerprinzip, Messbereich, Empfindlichkeit usw.) und Aktoren (Wandlerprinzip, Leistungsaufnahme und -abgabe, Baugröße usw.),
- im Bereich (digitale) Signalverarbeitung der Entwurf des Regelungskonzepts (adaptiv/nicht adaptiv, Steuerung/Regelung, zentral/dezentral usw.).

Das Zusammenführen von Teillösungen, das Erkennen und Eliminieren von Unverträglichkeiten und die Optimierung

der Gesamtlösung erfolgen in der Systemintegration. In diesem Prozess ist stets zu überprüfen, ob das entstehende Produkt die gewünschten Anforderungen erfüllt. Der Entwurf mechatronischer Systeme wird durch die Bildung und Analyse von Modellen mithilfe numerischer und experimenteller Methoden unterstützt. Im Rahmen der Entwicklung aktiver Systeme zur Schall- und Schwingungsregelung werden hierfür folgende Techniken angewandt:

- in den Bereichen Strukturmechanik und technische Akustik sowie mechanische und elektrische Messtechnik
 - die numerische Feldberechnung (Finite-Elemente-Methode, Randelementemethode, statistische Energieanalyse),
 - die experimentelle Strukturanalyse (Modalanalyse, Betriebschwingformanalyse),
 - die Schallfeldanalyse (Schalldruck- und Schallleistungsmessungen, akustische Holografie, (inverse) Transferpfadanalysen),
- im Bereich (digitale) Signalverarbeitung
 - die Signalanalyse mittels linearer Prädiktion oder Korrelation,
 - die Systemidentifikation mit adaptiven Filtern,
 - die objektorientierte Simulation von Regelungen sowie
 - das Rapid Control Prototyping.

Diese im Lehrgebiet Adaptronik und Strukturmechanik vorhandenen Expertisen werden im Rahmen der angewandten Forschung zur Bearbeitung von Fragestellungen des Maschinenbaus sowie der Luftfahrt- und Fahrzeugtechnik eingebracht.



Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kletschkowski

thomas.kletschkowski@haw-hamburg.de