

## Maschinenakustik am Institut für Maschinenwesen

Backhaus, S.

*Aufgrund seines konstruktionsmethodischen Hintergrunds beschäftigt sich das IMW vorwiegend mit der Erforschung von Konstruktionssystematiken zur Entwicklung lärmarmen Produkte, aber auch intensiv mit der Untersuchung der Körperschallausbreitung in Maschinenstrukturen.*

*The IMW is mostly active in the development of methods for the low noise design of machines and in the area of the propagation of structure-borne noise.*

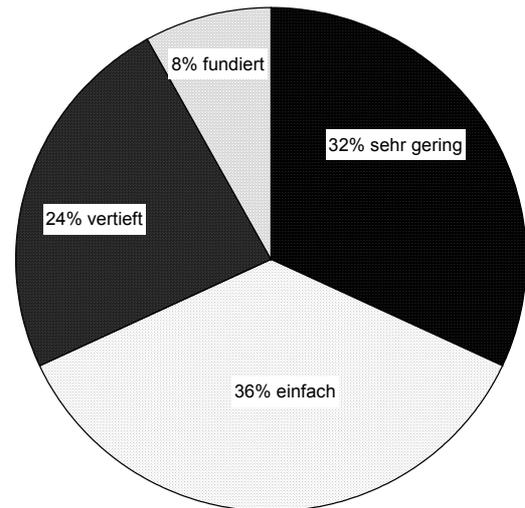
### 1 Maschinenakustik am IMW

Wenn es am IMW um Maschinenakustik geht, ist einerseits von der Entwicklung von Konstruktionsmethodiken und Entwicklungswerkzeugen zur Konstruktion lärmarmen Maschinen die Rede, aber andererseits auch von der systematischen Erforschung von Schallentstehungsmechanismen, Schallübertragungswegen und Schallabstrahlern mit theoretischen und messtechnischen Methoden.

#### 1.1 Konstruktion lärmarmen Maschinen

“Es ist die Aufgabe des Ingenieurs für technische Probleme mit Hilfe naturwissenschaftlicher Erkenntnisse Lösungen zu finden und unter den jeweiligen Einschränkungen stofflicher, technologischer und wirtschaftlicher Art in optimaler Weise zu verwirklichen”. /1/

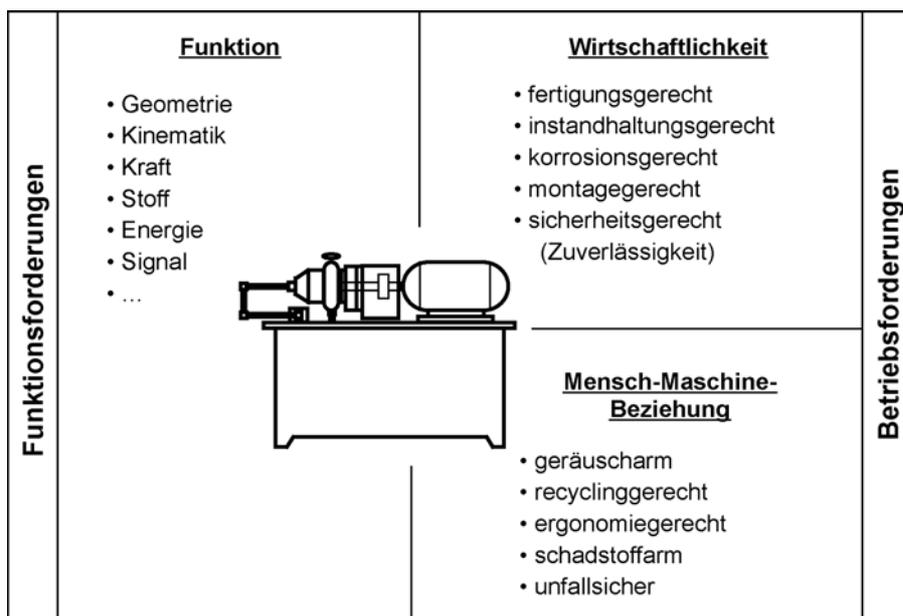
Der Konstrukteur steht heute nicht mehr nur vor der Aufgabe eine Lösung für ein technisches Problem zu finden, sondern muss zudem auch Randbedingungen verschiedenster Art berücksichtigen. Er muss sich um die ganzheitliche Beachtung aller Forderungen bemühen.



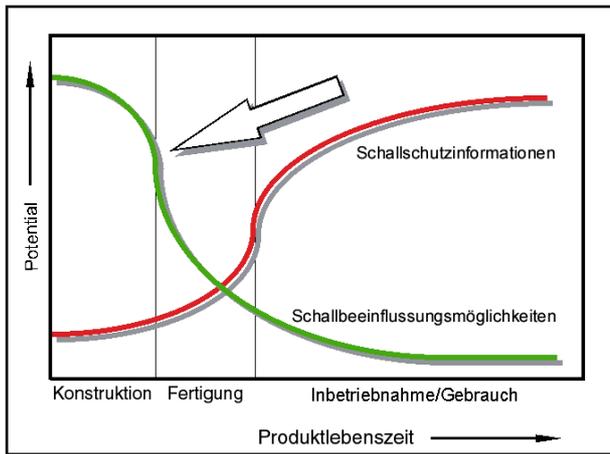
**Bild 2** Umfrage zum maschinenakustischen Wissensstand von Konstrukteuren /3/.

In der Konstruktionsmethodik unterscheidet man dabei in Funktions- und Betriebsforderungen, vergleiche **Bild 1**.

Da am Anfang der Produktentwicklung die zur Verfügung stehenden akustischen Informationen über das zu entwickelnde Gerät gering sind (**Bild 3**), die Schallbeeinflussungsmöglichkeiten jedoch am größten, hat die maschinenakustische Unerfahrenheit der Konstrukteure (**Bild 2**), die häufig akustisch ungünstige Verfahren wählen oder technisch günstige Verfahren akustisch ungünstig auslegen meist kosten- und zeitintensive Nachbesserungen zur Folge, da eine mögliche Lärmproblematik erst in der Prototypenphase oder zur Markteinführung erkannt wird.



**Bild 1** Anforderungen an ein Produkt /2/



**Bild 3** Verfügbare Schallschutzinformationen und Schallbeeinflussungsmöglichkeiten während der Produktlebenszeit

Um dem Konstrukteur Hilfen bei der Entwicklung lärmarmere Produkte zu geben, gilt es zunächst die verschiedenen möglichen Geräuschmechanismen der Maschinenstruktur zuzuordnen um ihm konstruktive Beeinflussungsmöglichkeiten aufzuzeigen (**Bild 4**).

Ausgehend vom Gedanken der Schallenkette, bestehend aus

- der Schallquelle,
- dem Schallüberträger,
- dem Schallabstrahler

und den Medien Luft, Flüssigkeit und Festkörper in denen sich Schall ausbreitet, werden abgeleitet von den jeweils vorherrschenden physikalischen Wirkprinzipien maschinenakustische Konstruktionsregeln entwickelt (**Bild 5**). **Bild 6** zeigt beispielhaft die unterschiedliche Auswirkung verschiedener Materialien auf die akustischen Eigenschaften eines Stoßes.

Schlägt ein Hammer mit gleicher Energie aber zu-

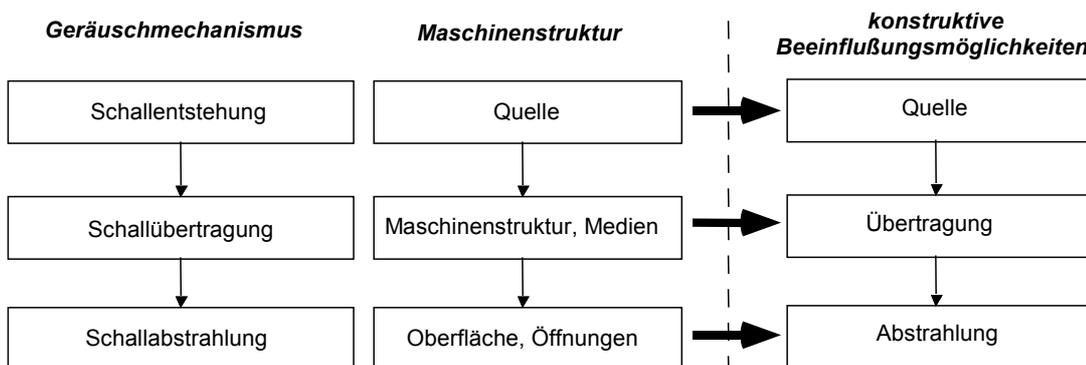
nächst mit harter und dann mit weicher Spitze gegen einen Gegenstand, so entsteht zunächst ein sehr kurzer Stoß mit hoher Kraftamplitude, wohingegen der Stoß des Hammers mit einer weichen Spitze nur eine geringe Kraftamplitude erreicht aber über die Zeit stark gedehnt wird.

Dies wirkt sich entsprechend im Frequenzspektrum des angeregten Schalls aus. Die harte Spitze regt höhere Frequenzen an und erzeugt einen höheren Gesamtpegel.

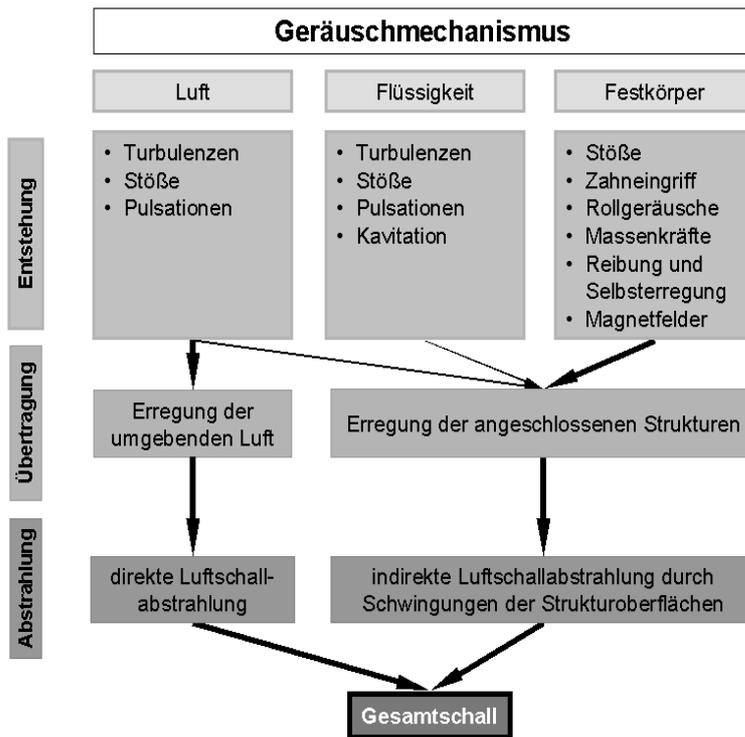
Als Mitglied der internationalen Normungsgruppe ISO TC 11866 konnte Professor Dietz maßgeblich seine Erfahrungen in der Konstruktion lärmarmere Maschinen und der Anwendung von Konstruktionsmethodiken bei der Festlegung und Normung von Konstruktionsregeln und Vorgehensweisen zur Gestaltung der Norm ISO 11688 "Akustik - Richtlinien für die Gestaltung von Maschinen und Geräten" einbringen. /5/

Ausgehend von der ISO 11688 wurde am IMW im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) eine Forschungsarbeit zur "Systematischen Zusammenstellung maschinenakustischer Konstruktionsbeispiele" durchgeführt und in der Reihe "Lärmarm konstruieren" der BAuA veröffentlicht. Diese Veröffentlichung ist die umfangreichste Sammlung maschinenakustischer Konstruktionsbeispiele, die überhaupt verfügbar ist. Hier werden zu jedem Bereich der Maschinenakustik Konstruktionsregeln als Lösungsmöglichkeit für Geräuschprobleme aufgeführt und anhand aktueller Konstruktionsbeispiele aus Forschung und Industrie verdeutlicht. /6/

Weiterhin ist das IMW immer bemüht, Konstrukteuren und Entwicklern Werkzeuge an die Hand zu geben, um ihnen die Lärminderung an Produkten so einfach wie möglich zu machen. Dazu wurde im Rahmen eines Schwerpunktprogramms der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG ein maschi-



**Bild 4** Zuordnung von Geräuschmechanismen zu Maschinenstrukturen



**Bild 5** Zuordnung von Geräuschmechanismen zu Maschinenstrukturen

nenakustisches Informationssystem (MAKUSIS) mit Grundlagen der Akustik entwickelt sowie ein Schallflussmodellierer, um dem Konstrukteur die Erstellung von Schallflussmodellen zu vereinfachen.

**1.2 Messtechnische Grundlagenforschung**

Neben der theoretischen konstruktionsmethodischen Forschung steht dem IMW eine hervorragende messtechnische Ausstattung zur Durchführung verschiedenster akustischer und schwin-

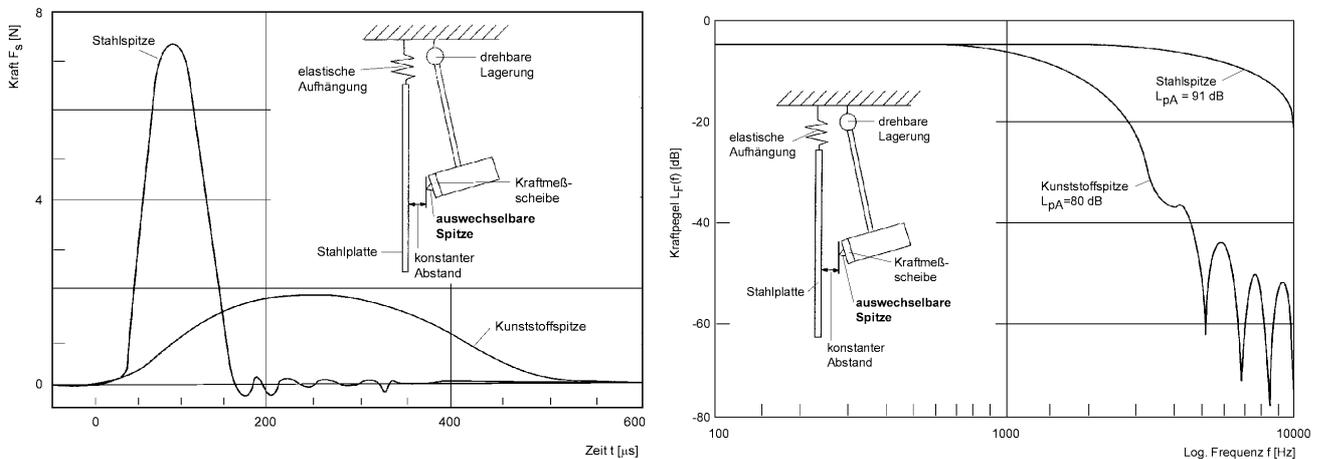
gungsdynamischer Untersuchungen zur Verfügung.

Dazu zählen unter anderem:

- ein schallarmer Messraum
- Oros Signalanalytoren mit 4 und 32 Kanälen mit bis zu 102 kHz Bandbreite pro Kanal
- 3 Modalshaker (1kN, 200N, 10N)
- ein Laservibrometer zur Erfassung rotatorischer und translatorischer Schwingungen
- Intensitätsmesssonde
- Diverse akustische Sensoren
- Oros Signalanalyse Software
- Vibrant Me'Scope Modalanalyse Software
- Matlab Software für Sonderfunktionen
- eine digitale Hochleistungsleitmetrie mit bis zu 20kHz Bandbreite pro Kanal

Aktuelle Forschungsprojekte am IMW beschäftigen sich neben der Lärminderung von Maschinen mit der Erforschung der Körperschallausbreitung in Maschinenelementen.

Aktuelle Projekte untersuchen die Körperschalleitung durch und die Schall- und Schwingungsdämpfung in Fugestellen dünner Stahlbleche. Ziel ist die schall- und schwingungstechnische Optimierung beispielsweise von Automobilkarosserien, um den akustischen Fahrkomfort von modernen Automobilen zu verbessern (**Bild 7**).



**Bild 6** Unterschiedliche Auswirkung der Stoßwirkung verschiedener Materialien /4/

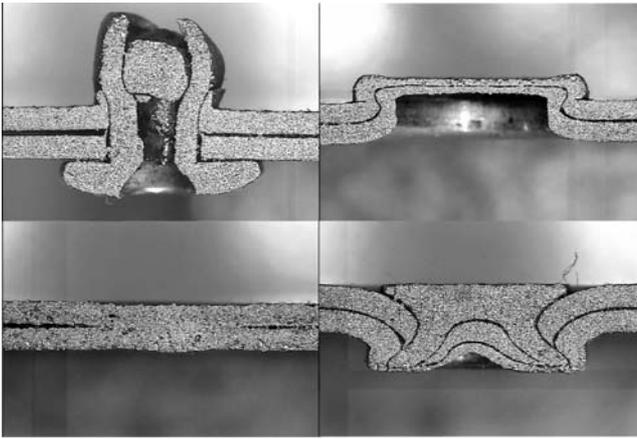


Bild 7 Querschnitt durch verschiedene Fügstellen

Darüber hinaus wird aktuell ein Prüfstand zur Bestimmung der Körperschallübertragung durch Lager (Wälz- und Gleitlager) im akustisch relevanten Frequenzbereich aufgebaut. Ziel ist es die Vierpolparameter von Lagern zu bestimmen, um eine Übertragungsfunktion für die Leitung der beispielsweise durch die Verzahnung eines Getriebes erzeugten Körperschallschwingungen von der Welle in das Gehäuse besser simulieren zu können (**Bild 8**).

## Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das IMW eine hervorragende Arbeit auf dem Gebiet der konstruktionssystematischen Maschinenakustik und der praktischen Körperschallforschung leistet.

## Literatur

- /1/ Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre: - Methoden und Anwendung -; 4. Auflage; Springer; Berlin 1997
- /2/ Gummersbach, F.: Lärmarm konstruieren XIX - Schalltechnische Informationen unter konstruktiven Gesichtspunkten - Ein Beitrag zum systematischen Zugriff auf konstruktive Lärminderungsmöglichkeiten, Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, 2001,
- /3/ Haje, D.; Gummersbach, F.; Schmidt, A.: Inquiry Results about Low Noise Design; unveröffentlicht, Clausthal; 1994;
- /4/ VDI 3720 Blatt 7 Lärmarm konstruieren Hrsg. Verein Deutscher Ingenieure. Ausg., Nov. 1980.
- /5/ DIN EN ISO 11688-1; Akustik - Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte
- /6/ Dietz, P.; Gummersbach, F.: Lärmarm konstruieren XVIII - Systematische Zusammenstellung maschinenakustischer Konstruktionsbeispiele, Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, 2001

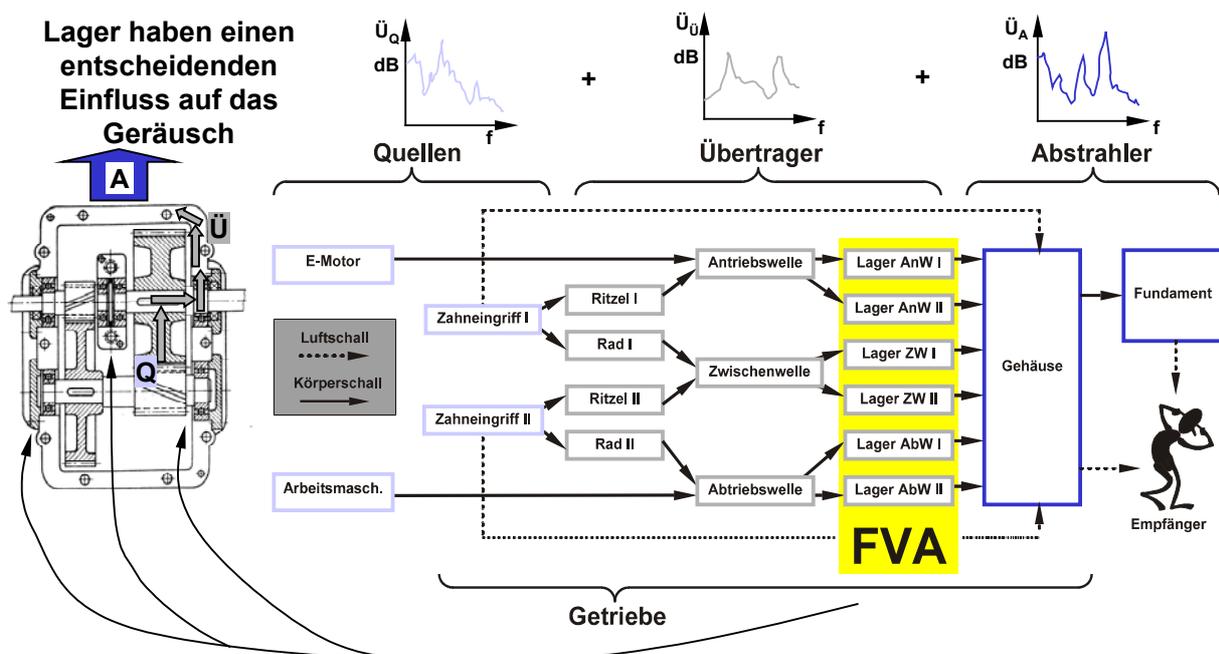


Bild 8 Schallfluss in einem Getriebe