

EQUIP – Konzept eines Konstruktions-Beratungssystems für die Entwicklung lärmarmen Produkte

Haje, D.; Gummersbach, F.

Dieser Artikel beschreibt die neuesten Arbeitsergebnisse des Forschungsprojektes EQUIP, welches die Schaffung eines wissensbasierten Systems zur Entwicklung lärmarmen Produkte zum Ziel hat. Nach der Fertigstellung einer methodischen Vorgehensweise zur Entwicklung lärmarmen Produkte und der Festlegung der hierfür benötigten Informationen ist nun die systematische Sammlung maschinenakustischer Informationen und die softwaretechnische Realisierung des Beratungssystems zentraler Arbeitspunkt des Projektes. Die hier dargestellten Konzepte können sicher auch Anstöße für die Entwicklung anderer Beratungssysteme geben.

This article describes the latest results of the research project EQUIP which aims to create a knowledge based system for the development of low-noise products. After completing a methodic development approach and determining necessary information, the systematic collection of acoustic information and the realization of the software system are now the essential work items of the project. The concepts which are presented in this article might also give some impulses to the development of other consulting systems.

1 Das Projekt EQUIP

1.1 Generelle Ziele

Das Projekt EQUIP – "Work Methodology for Development of Quiet Products" – ist ein Forschungsprojekt auf europäischer Ebene, dessen Ziel die Schaffung eines wissensbasierten Beratungssystems für die Entwicklung lärmarmen Produkte ist, vgl. /1/.

Bei der Konstruktion neuer Produkte bestehen viele Anforderungen, deren Einhaltung der Konstrukteur sicherstellen muß. Dabei besitzen maschinenakustische Anforderungen in aller Regel ein geringeres Gewicht als elementare Produkthanforderungen wie etwa Funktion, Qualität, Kosten und Zuverlässigkeit. Die Maschinenakustik gewinnt jedoch durch verschärfte gesetzliche Bestimmungen und durch steigenden

Wettbewerbsdruck mehr und mehr an Bedeutung.

Die Behandlung maschinenakustischer Probleme kann Konstrukteuren, die in der Regel keine Fachleute im Bereich der Akustik sind, aus verschiedenen Gründen Schwierigkeiten bereiten. Konstrukteure sind nur selten in Maschinenakustik ausgebildet; ihre Ausbildung konzentriert sich eher auf Fächer, die zum eigentlichen Entwickeln von Maschinen erforderlich sind (Mechanik, Maschinenelemente, Kraft- und Arbeitsmaschinen usw.). Desweiteren sind Fachtermini der Akustik, "Denken in Frequenzgängen" sowie die vergleichsweise geringen Energieniveaus von Schallereignissen Konstrukteuren nicht immer verständlich.

Die Entwicklung lärmarmen Produkte kann insbesondere dadurch unterstützt werden, daß den Konstrukteuren (deren Konstruktionsentscheidungen die Geräuschenstehung letztlich wesentlich beeinflussen) ein leistungsfähiges computergestütztes Beratungssystem zur Verfügung gestellt wird. Das derzeit in der Entwicklung befindliche System wird neben allgemeinen akustischen Grundlagen und Hilfefunktionen insbesondere eine akustische Modellbildung, eine Analyse der Schallsituation eines Produktes (anhand eines Modells oder eines Prototypen) sowie die Erarbeitung und Validierung von Optimierungsmaßnahmen erlauben. Dabei sind der Komplexität der Modelle kaum Grenzen gesetzt; das Programm kann daher auch Experten der Maschinenakustik bei ihrer Arbeit unterstützen.

Eine detaillierte Beschreibung des Projektes ist auch in /2, 3/ zu finden. Dort sind auch bislang erzielte Ergebnisse eingehend beschrieben.

1.2 Projektpartner und Finanzierung

Das Projekt wird im Rahmen des Programmes BRITTE-EURAM II durchgeführt und durch die Generaldirektion XII der Kommission der Europäischen Union gefördert. Die Projektpartner sind TPD TNO (NL), BeSB GmbH (D), CETIM (F), IMW (D), Caterpillar Bel-

gium S. A. (B), FAUN Umwelttechnik GmbH (D) und CIAT (F).

2 Anforderungen an das System

Die Anforderungen an das Beratungssystem wurden durch eine Analyse aller in der Literatur vorhandenen Konstruktionsmethoden sowie durch eine Industrieumfrage gewonnen.

Die durchgeführte Literatur-Auswertung lieferte die methodische Grundlage der nachfolgenden Tätigkeiten. Zweck dieser Untersuchung war insbesondere, die Vereinbarkeit der entwickelten Methodik mit anderen, allgemeinen Konstruktionsmethoden zu gewährleisten.

Zur Bestimmung der Systemanforderungen seitens der späteren industriellen Anwender wurde eine Umfrage unter 27 europäischen Unternehmen durchgeführt, vgl. /2, 4/. Desweiteren wurden die Konstruktionsprozesse der am Projekt beteiligten Industrieunternehmen anhand eines jüngst entwickelten Produktes analysiert.

Die bestehenden Anforderungen an das Software-System sind nachfolgend kurz zusammengefaßt:

- Es soll dem Konstrukteur kontextorientierte Informationen liefern. Deshalb muß es der Arbeitsweise des Konstrukteurs angepaßt sein und flexibel in seiner Anwendung sein. Eine feste Arbeitsweise darf nicht vorgegeben werden.
- Der Konstrukteur muß in allen Phasen der Produktentwicklung unterstützt werden, also von der Klärung der maschinenakustischen Produkthanforderungen über die Konzept-Erstellung bis zu Messungen und Verbesserungen am Prototypen.
- Das System muß sich hinsichtlich Bedienbarkeit und Hilfsfunktionen am maschinenakustischen Kenntnisstand eines durchschnittlichen Konstrukteurs orientieren. Es soll jedoch auch für Experten nutzbar bleiben.
- Ventilatoren und Gebläse sowie Verdrängermaschinen sind häufig wesentliche Schallquellen. Auf sie muß bei der Entwicklung des Beratungssystems besonders eingegangen werden.
- Einfache Bedienbarkeit und kurze Einarbeitungszeit stellen ebenso wie Kompatibilität mit den vorhandenen Rechnersystemen selbstverständliche Anforderungen dar.

3 Die entwickelte Methodik (Überblick)

Im Rahmen des Projektes wurde eine Methodik entwickelt, die die Konstruktion eines lärmarmen Produktes beschreibt, /5/. Ausgangspunkt ist dabei die Konstruktionsaufgabe, während das Ergebnis der Konstruktionstätigkeit ein fertig entwickeltes lärmarmes Produkt ist. Alle Aktivitäten werden durch maschinenakustisches Wissen gesteuert.

Die Methodik umfaßt fünf Hauptaktivitäten, und zwar die Klärung der Produkthanforderungen, die Erarbeitung eines Produktkonzepts, die Beschreibung des akustischen Verhaltens des Produktes, die Analyse des akustischen Verhaltens sowie die Produktoptimierung.

Die Klärung der Aufgabenstellung beinhaltet die Bestimmung der maschinenakustischen Produkthanforderungen auf der Grundlage von Gesetzen, Vorschriften, Normen, Richtlinien und der Marktsituation. Die Erarbeitung eines Produktkonzepts basiert auf maschinenakustischen Konstruktionsregeln, einfachen Formeln und grundlegenden Zusammenhängen, die das System dem Konstrukteur zur Verfügung stellt.

Zur Beschreibung des akustischen Produktverhaltens wird ein maschinenakustisches Modell (Noise Path Model) des Produktes erstellt, das die gesamte Schallentstehungskette abbildet. Dieses maschinenakustische Modell kann ausgewertet und hinsichtlich der wichtigsten Schallquellen, Übertragungs- und Abstrahlglieder sowie möglicher maschinenakustischer Konstruktionsfehler analysiert werden. Bei der Produktoptimierung werden schließlich vom System mögliche Schallminderungsmaßnahmen vorgeschlagen, aus denen der Konstrukteur unter Abwägung aller Gegebenheiten (z.B. Kosten, konstruktive Randbedingungen) geeignete Maßnahmen auswählen kann. Nach der Abbildung der Optimierungsmaßnahmen im Modell kann der Analyse- und Optimierungsvorgang erneut durchlaufen werden.

Aus der Konstruktionsmethodik kann der Informationsbedarf in den einzelnen Arbeitsschritten abgeleitet werden. Um einen eindeutigen Zugriff auf die benötigten Informationen zu erlauben, ist die Erstellung eines Informationsmodells erforderlich.

4 Informationsmodellierung

Das System benötigt zur Unterstützung des Konstrukteurs in den einzelnen Arbeitsschritten der methodi-

schen Vorgehensweise eine Vielzahl von maschinenakustischen Informationen. Diese Informationen werden in einem Informationsmodell semantisch eindeutig, formal und objektorientiert beschrieben. Dieses Modell stellt die Konzeptbeschreibung einer Datenbank dar. Somit ist ein eindeutiger Zugriff auf die benötigten Daten gewährleistet.

Für das Informationsmodell wurde die Beschreibungssprache EXPRESS verwendet, welche für den Produktdatenaustausch im Rahmen von STEP, beschrieben in der internationalen Norm ISO 10303-11, entwickelt wurde. Mit dieser Beschreibungssprache ist es möglich, den Charakter der Informationen sowie deren Beziehungen untereinander zu beschreiben.

Das zentrale Datenmodell von EQUIP beinhaltet alle maschinenakustisch relevanten Komponenten und Schallentstehungsmechanismen. Es wurde aus der Sicht der Schallentstehung aufgestellt, es wurden also Gruppen und Untergruppen von Komponenten und Schallentstehungsmechanismen ähnlichen akustischen Verhaltens gebildet.

Dieses Datenmodell umfaßt derzeit 55 Komponenten und 28 Schallentstehungsmechanismen, deren Beziehungen untereinander sowie Attribute, die die Schallentstehung beeinflussen. Ein Großteil der im EQUIP-System benötigten Informationen sind auf Komponenten oder Schallentstehungsmechanismen bezogen (z.B. Konstruktionsregeln). Deshalb erfolgt der Zugriff auf diese Informationen anhand des erstellten Datenmodells.

Das Datenmodell erlaubt sowohl die Zusammenfassung von Komponenten zu Gruppen (z.B. Motor, Kompressor, Lüfter und Maschinenstruktur zu Kühlaggregat), die als Einheit behandelt werden können, als auch die Untergliederung von Komponenten in Unterkomponenten bis auf die Ebene der Schallentstehungsmechanismen (z.B. Betrachtung der Pulsationen, Massenkkräfte, Ventilgeräusche usw. beim Kompressor).

Das Schema besteht aus folgenden Hauptgruppen, denen direkt oder indirekt über Untergruppen alle relevanten Komponenten zugeordnet sind: Verdrängermaschinen, Strömungsmaschinen, elektrische Maschinen, Drehmomentwandler, Linearantriebe, strömungsführende Elemente, Führungen, schallmindernde Elemente sowie Strukturelemente.

5 Relevante Informationen

Prinzipiell müssen zur Konstruktionsunterstützung verschiedenste Informationen zur Verfügung gestellt werden. Sie reichen von der Beschreibung akustischen Grundlagenwissens und konstruktiven Gestaltungsregeln über maschinenakustische Daten einzelner Komponenten bis zu auswertbaren Formeln oder Berechnungsalgorithmen.

Um auf diese Informationen gezielt und dem Kontext entsprechend zugreifen zu können, wurde zusätzlich zum komponentenorientierten Datenmodell (s.o.) das nachstehend beschriebene Library-Konzept entwickelt. Bei diesem Konzept werden Informationen entsprechend ihrer Bedeutung in unterschiedlichen Bibliotheken (Libraries) abgelegt. Es sind Bibliotheken mit folgendem Inhalt vorgesehen:

- akustisch relevante Stoffeigenschaften von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen;
- komponenten- oder schallentstehungsbezogenes Konstruktionswissen (Konstruktionsregeln, Hinweise, Konstruktionsbeispiele, häufige Konstruktionsfehler, mögliche Verbesserungsmaßnahmen, allgemeine akustische Eigenschaften von Komponenten usw.);
- akustische Produktanforderungen, Meßmethoden, Literaturstellen;
- akustisches Verhalten von realen Komponenten (hier können Benutzer auch Daten eigener Komponenten eintragen);
- Allgemeine Hilfe-Dokumente, die unter anderem die Themen Akustik, Konstruktionsmethodik und Systembenutzung behandeln;
- ausführbare Formeln und Berechnungsalgorithmen sowie Bezeichnungsinformation (Diagrammbeschriftungen).

Der Zugriff auf die Bibliotheken erfolgt dabei in der Regel über eine Link-Library, die eine Zuordnung der Bibliothekseinträge zum Komponenten-Datenmodell vornimmt. Die Zwischenschaltung der Link-Libraries soll eine einfache Pflege des wissensbasierten Systems erlauben, da alle Bibliotheken unabhängig voneinander ausgetauscht werden können. Das Library-Konzept ist in **Bild 1** dargestellt.

6. Maschinenakustischer Wissenserwerb

Das für die Entwicklung lärmarmen Maschinen erforderliche umfangreiche und vielfältige maschinenaku-

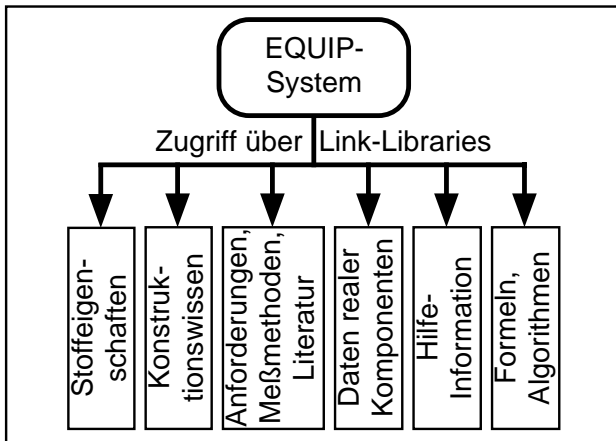


Bild 1: Zugriff auf Bibliotheken gemäß Library-Konzept

stische Wissen über muß von Experten erfragt und in die Wissensbasis eingegeben werden. Zu diesem Zweck wurden Formblätter entwickelt, mit denen Erfahrungen und spezifisches maschinenakustisches Wissen erfaßt werden können. Außerdem werden Informationen aus einschlägiger Literatur gesammelt. Mittels der Formblätter werden Informationen zu den folgenden Themengebieten erfaßt:

- Informationen zu Komponenten und Schallentstehungsmechanismen
- Dokumentenspezifische Informationen
- Grundlegende Hilfeinformationen

Die komponentenspezifischen Informationen umfassen:

- Formeln und Berechnungsalgorithmen mit Angaben zu deren Gültigkeitsbereichen
- Konstruktionsregeln und Hinweise
- alternative (leisere) Komponenten
- mögliche Maßnahmen zur Beeinflussung der Schallentstehung, Übertragung und Abstrahlung
- konstruktive Fehler aus akustischer Sicht sowie deren Korrektur
- beispielhafte konstruktive Maßnahmen und deren Wirkung
- in Komponenten enthaltene Schallentstehungsmechanismen
- mögliche Schallübertragungswege
- akustische Eigenschaften, z.B. Art der Anregung, typisches Spektrum, Frequenzbereich
- Literaturangaben
- Symbole für die Darstellung im maschinenakustischen Modell

Für die Schallentstehungsmechanismen gelten ähnliche Unterpunkte wie für die Komponenten.

Bei den dokumentenspezifischen Informationen han-

delt es sich um eine Kurzbeschreibung wichtiger Dokumente wie Bücher, Veröffentlichungen, Richtlinien, Normen und gesetzlicher Vorschriften.

Die grundlegenden Hilfeinformationen beinhalten Text- und Bildinformationen und dienen als Nachschlagewerk für den Konstrukteur. Diese Hilfefunktion beschränkt dabei sich nicht auf die Benutzung des Programms, sondern soll den Konstrukteur auch in maschinenakustischer und konstruktionsmethodischer Hinsicht unterstützen.

7 Zusammenfassung

Die Entwicklung des im Rahmen des europäischen Projektes EQUIP erstellten Beratungssystems zur Konstruktion lärmarmen Produkte ist bereits weit fortgeschritten. Eine methodische Vorgehensweise ist ebenso verfügbar wie ein Datenmodell, das einen gezielten Zugriff auf jede benötigte Information gestattet. Ein Bibliothekskonzept wurde entwickelt, das thematisch zusammengehörige Informationen zu Bibliotheken zusammenfaßt. Derzeit wird maschinenakustisches Expertenwissen aus verschiedenen Bereichen gesammelt. Die Implementation des Software-Systems schreitet indessen rasch voran. Ende 1996 soll das wissensbasierte Beratungssystem fertiggestellt sein.

Literatur

/1/ Dietz, P.; Engel, K.; Haje, D.: Forschungsprojekt "Maschinenakustik" auf europäischer Ebene, EQUIP - Work Methodology for Development of Quiet Products, Institutsmitteilung Nr. 17, IMW Clausthal 1992

/2/ Dietz, P.; Haje, D.; Gummersbach, F.: Wissensbasiertes System zur Konstruktion lärmarmen Produkte – Arbeitsfortschritte im Projekt "EQUIP" Institutsmitteilung Nr. 18, IMW Clausthal 1993

/3/ Dietz, P.; Haje, D.; Gummersbach, F.: EQUIP – Wissensbasiertes System zur Entwicklung lärmarmen Produkte Institutsmitteilung Nr. 19, IMW Clausthal 1994

/4/ Haje, D.; Gummersbach, F.; Schmidt, A.: Inquiry Results about Low Noise Design Clausthal, März 1994, unveröffentlicht

/5/ Haje, D.; Gummersbach, F.; Isranuri, I.; Picco, M.; Pelletier, P.: EQUIP Technical Report - Subtask II.4: Designer-acoustician interface, Januar 1995, unveröffentlicht.