

Maschinenakustik – gestern, heute und Aufgaben der Zukunft

Gerhard Hübner

¹ ITSM, Uni Stuttgart, 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: huebner@itsm.uni-stuttgart.de

Einleitung

Der von Maschinen und Fahrzeugen erzeugte Lärm verursacht Berufskrankheiten mit dem höchsten Stellenwert in der Bundesrepublik, erhebliche Wertminderungen von Grundstücken und Wohngebäuden sowie signifikante Verringerungen der Arbeitsproduktivität. Dem treten bereits seit längerem Verordnungen der Bundesrepublik sowie der EU, wie die „Physikalische-Agenzien-Richtlinie-Lärm“, 2003/10/EG und die Maschinenrichtlinie in ihrer früheren und neusten Fassung 2006/42/EG entgegen, ohne dass allerdings bisher hierdurch eine grundlegende Trendwende erreicht werden konnte.

Für diese seit vielen Jahrzehnten, seit Beginn systematischer Erhebungen fast unverändert bestehende Situation dürften im Wesentlichen die Kosten der bisher hauptsächlich praktizierten Methoden der Lärminderung verantwortlich sein. Diese sind besonders durch bevorzugte Anwendung **sekundärer** Maßnahmen, wie in der Raum- und Bauakustik, durch Kapselung und Hinzufügung von Dämmungs- und Dämpfungsmaterialien kostenbezogen weniger effizient sind als die an den eigentlichen Entstehungsquellen durchgeführten **primären** Emissionsreduzierungen, durch die mit entsprechendem Know How in vielen Fällen die leisere Maschine sogar ohne Mehrkosten angeboten werden kann.

Für die damit angesprochenen Hersteller von Maschinen, Fahrzeugen und Geräten liegt in dieser sehr verbesserungswürdigen Situation aber auch die Chance, leise Produkte zu entwickeln und anzubieten, für die dann auch ein großer Markt existiert, falls die dadurch erreichte bessere Qualität mit keinen oder geringen Mehrkosten verfügbar sind.

Hilfreich für solche Akquisitionen ist dabei auch der inzwischen erreichte hohe Stand der Geräuschemissions-Messtechnik, durch die der Maschinenlärm unter fast allen Umgebungsbedingungen mit wohl definierten Unsicherheiten gemessen und so auch eindeutig nachprüfbar geworden ist. Der Erfolg der für Forschung und Entwicklung erforderlichen Investitionen ist heute also eindeutig quantifizierbar und die innovativen Produkte können für ihren Absatz die Kräfte des freien Marktes voll nutzen.

Das Kolloquium möchte im Rahmen der zur Verfügung stehenden Vortragszeiten und zugehörigen Veröffentlichungsrahmen verschiedene Schwerpunkte setzen bei der Berechnung und Messung der Geräuschemission unter Bedingungen des Maschinenbaus.

Ein wesentliches Ziel der Entwicklung leiserer Maschinen und Fahrzeuge unter Kostengesichtspunkten besteht darin, bereits aus der Konstruktionszeichnung und den Betriebsbedingungen die Geräuschemission im Voraus berechnen zu können. Grundlage dieser Aufgabe ist die **Maschinenakustik**.

Die Entwicklung der Maschinenakustik in Deutschland

Das weltweit wohl erste Kompendium, in dem maschinenakustische Fragen explizit angesprochen werden, erschien 1940, herausgegeben von E. Lübcke [1] unter Beteiligung von Erwin Meyer und Lothar Cremer, den späteren Lehrstuhlinhabern des 3. Physikalischen Instituts der Universität Göttingen und der TU Berlin. Bereits 1938 veröffentlichte E. Lübcke aber schon einen Aufsatz des Titel „Geräuschbekämpfung bei elektrischen Maschinen“ [2] sowie zusammen mit W. Holle „Zur Lautstärke des von schnell bewegten Profilen erzeugten Schalls“ [3] und insbesondere 1956 „Geräuschforschung im Maschinenbau“ [4]. Die besonders in den 70er und 80er Jahren von der VDI-Kommission Lärminderung [5] sowie vom VDE [6] veranstalteten diesbezüglichen Fachtagungen sorgten für eine Verbreitung und Förderung des Wissens um die Maschinenakustik. Die im vorangegangenen Abschnitt herausgestellte Präferenz primärer Lärminderungsmaßnahmen ist damit also keinesfalls neu. Man findet diese Zielrichtung der Lärminderung so zum Beispiel bereits 1956 explizit angesprochen in [4], so auch dort die Beurteilung, dass nachträgliche Maßnahmen „teurer und nicht immer erfolgreich sind“.

Diese beispielhafte und sicher unvollständige Aufzählung diesbezüglicher früherer Aktivitäten belegt, verstärkt durch nationale und internationale Patente deutscher Erfinder [7], eine traditionelle Spitzenstellung im Wissen über die primäre Lärm-Emissions-Erfassung und Reduzierung gegenüber den damaligen Bemühungen anderer Industrienationen.

Diese erfreuliche Entwicklung der letzten Jahrzehnte bei den betreffenden Grundlagen ist allerdings den Initiativen nur weniger Institutionen zu verdanken. Zu erwähnen sind publizierte Arbeiten der deutschen Elektroindustrie, besonders aus dem Siemens-Konzern bei der Bestimmung der Entstehung und Minderung der Geräusche von Motoren, Generatoren, Großtransformatoren und Haushaltsgeräte, durch die auch die wohl weltweit allerersten Rechenprogramme für eine echte Vorausbestimmung der betreffenden Geräuscherzeugung kreiert werden konnte [8]. Hochschulmäßig ist die betreffende Entwicklung während dieser Zeit im wesentlichen nur beschränkt auf die Technische Universität Dresden bei den aerodynamischen Geräuschen sowie auf den Fakultätsbereich Energie-technik/Maschinenbau der Universität Stuttgart, die dort auch zu einem diesen Fragen gewidmeten, Lehrstuhl-übergreifenden Zusammenschluss „ATALUS“ [9] führte. Der breite Trend in Forschung und Entwicklung der Akustik lag in den letzten Jahrzehnten dagegen überwiegend in Richtung anderer Zweige, wie der Raum- und Bauakustik, der subjektiven Bewertung des nun einmal so hingenommenen Lärms und erst seit 1980 haben die hier insbesondere in

Stuttgart von dem Maschinenbaubereich ausgehenden Entwicklungen zur Lärmemission, dessen Vorausbestimmung und eine moderne Maschinengeräusch-Messtechnik [10] – die Maschinenakustik stärker in das Blickfeld gerückt.

Aufgaben der Maschinenakustik in der Zukunft

Der heutige Stand der Maschinenakustik bietet in der deutschen Forschung, Lehre und Anwendung ein zwiespältiges Bild. Dem in verschiedenen Bereichen durch eine sehr lange Tradition erarbeiteten hohe Erkenntnisstand stehen heute aber auch Defizite, bei der Umsetzung, bei der noch wünschenswerten Erweiterung der maschinen-spezifischen Grundlagen und insbesondere bei der zukünftigen Ausbildung in unseren Universitäten entgegen. Für unsere Zukunft als für ein vom Export durch Spitzenqualität lebendes Land gilt es die jüngere Generation der Studenten für die Fragen der Lärminderung an den verursachenden Maschinen, Geräten und Fahrzeugen zu motivieren und insbesondere diesbezügliche Lehrinhalte wie aber auch entsprechend strukturierte Lehrpläne anzubieten.

Neben hierzu positiv anzumerkenden Beispielen sind, wie „punktuell“ in Stuttgart, sind diese zu wenige und dabei auch nicht mit einer Panstelle unter dem Dach eines akustischen Instituts abgesichert.

Bei dem betreffenden Vorlesungsstoff geht es aber nicht nur um ein „bloßes Mehr“ an zahlreicheren Standorten, es sollten dabei insbesondere auch die Grundlagen deutlich maschinenspezifisch ausgerichtet sein. Manche traditionelle Lösungsansätze unterscheiden sich in ihrem Anwendungsbereich gegenüber einer Vielfalt „ähnlicher“ Aufgaben, wie z.B. der Parameterbereich der Bauakustik, oft signifikant von den diesbezüglichen Randbedingungen der Maschinenbauelemente, bei denen gerade Balken und ebenen Platten nicht im Vordergrund stehen. Aber auch die gefragte ingenieurmäßige Behandlung erfordert ein ganzheitliches Vorgehen bei dem Zusammenwirken verschiedener Segmente der Maschinenakustik wie das Nebeneinander der Schallgenerierung verschiedenartigster Quellen und dies insgesamt unter Berücksichtigung von Rechen- und Messunsicherheiten. „Sophisticated“ Methoden, bezogen auf isoliert betrachtete Teilprobleme sind für das interessierende Endresultat selten gefragt.

Der Großteil der nachfolgenden Beiträge zu diesem Kolloquium möchte zusammen mit den zahlreichen Schriftums-Angaben die so entstandenen maschinenakustischen Ziele verdeutlichen und die zuvor angesprochenen Unterschiede zu verschiedenen traditionellen Vorgehen weiter konkretisieren. Schließlich wird es insbesondere darum gehen, Möglichkeiten für eine kostengünstige Lärminderung durch eine Vorausberechnung aufzuzeigen.

Schwerpunkte dabei sind:

- die konsequente Ausrichtung der gefragten Emissionsgröße auf den (A-bewerteten) Schalleistungspegel
- eine die Körperschall- und Abstrahlungsprobleme für beliebig gestaltete Bauteile und Oberflächen einheitlich umfassende Beschreibung

Literatur

- [1] Lübecke, E.: Schallabwehr im Bau- und Maschinenwesen, Springer Verlag, Berlin, 1940
- [2] Lübecke, E.: Geräuschbekämpfung bei elektrischen Maschinen und Geräten, ETZ59, 1938, S. 765-770
- [3] Holle, W und Lübecke, E.: Zur Lautstärke des von schnell bewegten Profilen erzeugten Schalles, Luftfahrtforschung 17, 1940, S. 56-58
- [4] Lübecke, E.: Geräuschforschung im Maschinenbau, VDI-Z 98, 1956, S. 791-797
- [5] Zahlreiche VDI-Berichte von Tagungen der VDI-Kommission Lärminderung (KLM) ab 1975: (1) Bericht Nr. 798: “25 Jahre VDI-KLM”, Zusammenfassung Lärminderung bis 1990; (2) Nr. 526 (1984); Nr. 648 (1987); Nr. 678 (1988); Nr. 900 (1991); Nr. 1040 (1993); Nr. 1213 (1995); (3) Nr. 1491 (1999) Entwicklung lärm- und schwingungsarmer Produkte.
- [6] VDE-Berichte Bd. 24 der 54. Hauptversammlung, Bremen 1966, u. a. Beitrag über “Elektromagnetisch verursachte Geräusche bei Synchron- und Asynchronmotoren
VDE-Diskussionstagung “Schwingungen und Geräusche elektrischer Maschinen”, ETZ,A; Bd. 90 (1969). S. 448-450
- [7] beispielhafte Auswahl: (1) Vielschaufler Lüfter mit ungleichmäßiger Teilung der Schaufeln, Patentschrift Nr. 409224 der Schweizerischen Eidgenossenschaft, desgl. erteilt in der BRD unter Nr. 1253402 (1968) und in Japan (2) Körperschallisoliert aufgestellte Haube von Maschinen mit Wellendurchführungen, BRD-Patentschrift 1172481 (1965) (3) Anordnung zur Verminderung der Geräuschabgabe von Maschinen, BRD-Patentschrift 1245650 (1968)
- [8] Hübner, G.: Entstehung und Bekämpfung der Geräusche elektrischer Maschinen, ETZ-A, Bd. 62 (1961), S.771-781
- [9] Hübner, G.: ATALUS, eine Plattform zur interdisziplinären Zusammenarbeit an der Universität Stuttgart Fortschritte der Akustik – DAGA 95 (Saarbrücken), Oldenburg, 1995, S. 374-374
- [10] (1) Hübner, G.: Neue Entwicklungen bei der Schallintensitätsmesstechnik zur Schalleistungsbestimmung – Verfahren, Grenzen, Meßvorschriften. VDI-Berichte 678, S. 1-34, VDI-Verlag Düsseldorf, 1988 (2) Hübner, G.: The use of sound field indicators for the measurement of the sound intensity determined sound power. Inter Noise '89 Proceedings, Newport Beach, Calif., USA, page 1015-1020 (3) Hübner, G.: Eine Betrachtung zur Physik der Schallabstrahlung. Acustica Vol. 75 (1991), S. 130-144