

H.M. Fischer und A. Jacobs

### Bestimmung der Einfügungsdämmung von Maschinenkapseln

#### Ausgangssituation

Eine Schallschutzkapsel stellt hinsichtlich ihrer akustischen Eigenschaften ein komplexes System dar. Die Schallabstrahlung in die Umgebung wird dabei nicht nur durch direkte Luftschallanregung der Kapselwände, sondern in vielen Fällen auch durch sog. Nebenwege (Körperschallbrücken, Öffnungen) verursacht. Eine exakte Vorhersage der zu erwartenden Dämmwirkung, insbesondere bei engen Kapseln, ist unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflußgrößen durch rein rechnerische Methoden noch nicht zufriedenstellend möglich. In einer größeren Versuchsreihe \*) [1] wurde deshalb für eine Maschinenkapsel gezeigt, wie sich ihre Dämmwirkung verhält, wenn wesentliche Parameter variiert werden. Diese sind: Flächengewicht und Material der Kapselwände, Dicke einer absorbierenden Schicht, Versteifungen, Verlustfaktor, Wandabstand zwischen Maschine und Kapsel (enge Kapsel!), Undichtigkeiten, Art der Anregung und Art der Aufstellung der Kapsel. Eine Vielzahl experimenteller Daten gibt Aufschluß über das akustische Verhalten einer realen Kapsel, so daß eine Reihe praktischer Regeln und Leitsätze für die akustisch richtige Auslegung von Schallschutzkapseln hergeleitet werden kann. Darüber hinaus ergeben sich Hinweise zur Meßtechnik und zur Aussagefähigkeit von Meßergebnissen, von denen einige im folgenden erläutert werden sollen.

#### Meßverfahren

Eine hinreichende Erfassung der schalldämmenden Wirkung einer Kapsel unter Berücksichtigung aller beteiligten Einflußfaktoren ist durch die Messung des Einfügungsdämm-Maßes  $D_e$  gegeben. Dieses ist definiert durch

$$D_e = 10 \lg W_o/W_m$$

wobei  $W_o$  diejenige Schalleistung ist, die von einer ungekapselten Schallquelle in die Umgebung abgestrahlt wird und  $W_m$  die Schalleistung der gekapselten Anordnung.

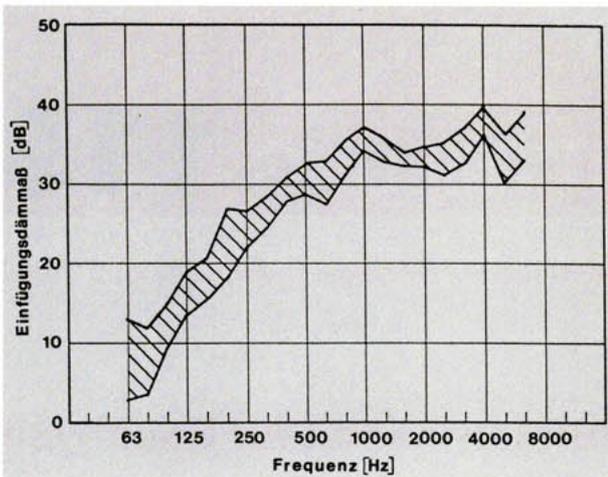
Zur Schalleistungsmessung stehen im IBP zwei Hallräume zur Verfügung, von denen der größere mit einem Volumen von  $392 \text{ m}^3$  auch die Untersuchung umfangreicherer Kapselkonstruktionen erlaubt. Als Besonderheit besitzt dieser Hallraum in der Mitte der Bodenfläche einen körperschallisolierten Sockel ( $4,25 \text{ m} \times 2,45 \text{ m}$ ), so daß bei Bedarf eine völlige Körperschalltrennung zwischen anregender Maschine und untersuchter

Kapsel möglich ist. Es können somit unbeeinflußt von Körperschalleinflüssen die ausschließlich durch direkte Luftschallanregung verursachten Schallanteile erfaßt werden. Wird dagegen die Kapsel zusammen mit der Maschine auf einem gemeinsamen Fundament aufgestellt, wie es in einem weiteren Hallraum des IBP möglich ist, dann können auch körperschallbedingte Kopplungen berücksichtigt werden. Als vorteilhaft erwies sich bei den Untersuchungen die Verwendung einer "Modellmaschine" (MM), die als Quader aus Stahlblechplatten und Winkelprofilen zusammengeschaubt wird und deren Größe entsprechend dem Meßziel und der Kapselgröße durch ein Baukastensystem variiert werden kann. Diese MM wird im Kasteninneren wahlweise von einem leistungsstarken Lautsprecher bzw. einem Hammerwerk angeregt. Sie stellt bei den hier vorliegenden Abmessungen ( $l = 3 \text{ m}$ ,  $b = 2 \text{ m}$ ,  $h = 1,5 \text{ m}$ ) eine große, flächenhafte Schallquelle dar, vergleichbar mit vielen realen Maschinen, mit der in praxisnaher Weise auch unterschiedliche Abstände zwischen Maschine und Kapselwänden simuliert werden können (enge Kapseln!).

#### Einfluß der Anregung

Bei der Charakterisierung einer Kapsel durch die sog. A-Schallpegelminderung (siehe z.B. VDI-Richtlinien 2711 [2]) ist bekannt, daß dieser Einzahlwert stark vom jeweils vorliegenden Anregespektrum beeinflußt werden kann. Aus diesem Grund wird üblicherweise die frequenzabhängige Einfügungsdämmung bestimmt, wenn eine vom Anregespektrum unabhängige Meßgröße die Dämmwirkung einer Kapsel beschreiben soll. Daß jedoch auch diese Meßgröße die Dämmwirkung nicht eindeutig charakterisiert, zeigt sich aus Messungen mit sechs unterschiedlichen Schallquellen (Bild 1). Ganz offensichtlich ist es für die Dämmwirkung einer Kapselung von Bedeutung, welcher Art die anregende Schallquelle ist (z.B. Lautsprecher als Kugelstrahler, Hammerwerk als impulshaltige Quelle, MM als Strahler mit großen abstrahlenden Flächen). Bei gleicher Kapselkonstruktion und gleicher Aufstellung der Kapsel (hier körperschallisoliert) ergibt sich für  $D_e$  ein "Streubereich", in welchem im Terzband Unterschiede bis zu 10 dB möglich sind und 5 dB als typisch bezeichnet werden können. Demnach ist die Einfügungsdämmung einer Kapsel nicht nur frequenzabhängig, sondern auch quellenabhängig, so daß ohne nähere Angaben zur Anregung die Aussage von Meßwerten mit einer gewissen Unsicherheit behaftet ist.

\*) als Teil eines Forschungsvorhabens im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund



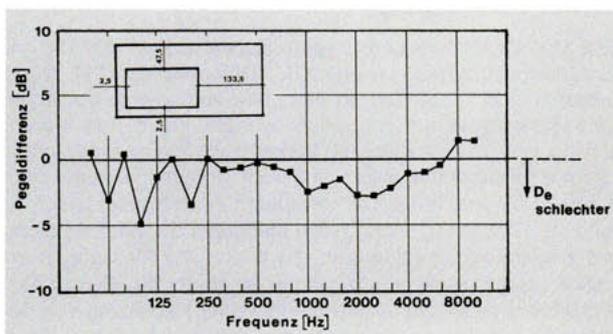
**Bild 1:** Streubereich der Einfügungsdämmung bei unterschiedlicher Anregung in der Kapsel

Kapsel: körperschallisolierte Aufstellung, Stahlblech 1,5 mm Absorptionsschicht 70 mm

- Anregung mit 1) Lautsprecher  
 2) Lautsprecher in kleiner Modellmaschine  
 3) Lautsprecher in großer Modellmaschine  
 4) Hammerwerk  
 5) Hammerwerk in kleiner Modellmaschine  
 6) Hammerwerk in großer Modellmaschine

### Einfluß des Wandabstandes

Eine systematische Untersuchung verschiedener Abstände zwischen Kapselwänden und MM führt zu folgendem Ergebnis: die beste Einfügungsdämmung wird erreicht, wenn die Schallquelle (MM) allseitig größtmöglichen Wandabstand besitzt, d.h. bei mittiger Aufstellung. Kleinere Wandabstände verschlechtern diese günstigen Werte, wobei die Verschlechterung vor allem im tiefen Frequenzbereich auftritt, wo sie sich resonanzartig bemerkbar macht (Kopplung zwischen Maschine und Kapselwänden über das Luftpulster) (Bild 2). Es läßt sich jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Verkleinerung des Wandabstandes und der Verschlechterung von  $D_e$  erkennen. So führt schon eine außermittige Aufstellung der MM bei Wandabständen von noch mindestens 25 cm zu Einbrüchen in der Einfügungsdämmung, die mit denjenigen bei sehr kleinen Abständen ( $d = 2,5$  cm) vergleichbar sind.

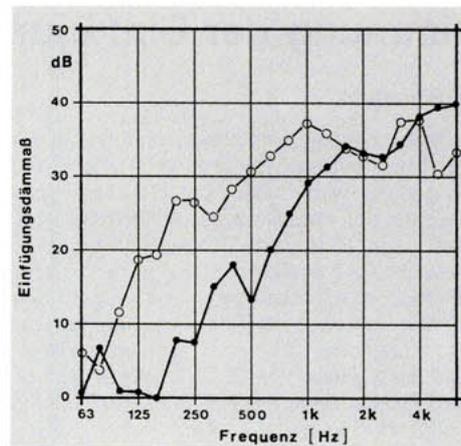


**Bild 2:** Änderung der Einfügungsdämmung bei wandnaher Aufstellung der Modellmaschine,  $d = 2,5$  cm, im Vergleich zu mittiger Aufstellung,  $\Delta L = D_e$  (wandnah)  $- D_e$  (mittig)

Für die Meßtechnik folgt aus dieser Versuchsreihe, daß trotz unveränderter Kapselkonstruktion und gleicher Schallquelle die Einfügungsdämmung nicht eindeutig bestimmt ist, sondern daß in Abhängigkeit von der Quellenposition Abweichungen der Meßwerte auftreten können.

### Einfluß der Kapselaufstellung

In noch weit stärkerem Maße als von der Anregungsart und der Position der Maschine kann die Einfügungsdämmung von der Art der Kapselaufstellung beeinflusst werden. Für eine Anregung mit Hammerwerk, das auf den Betonboden klopfte, zeigt Bild 3 die Meßwerte, die bei körperschallisolierter Aufstellung (Hammerwerk auf körperschallisoliertem Sockel) und bei körperschalleitender Aufstellung (Hammerwerk und Kapsel auf gemeinsamem Fundament) ermittelt werden. Es folgt zum einen, daß erwartungsgemäß die Körperschallkopplung die Einfügungsdämmung verschlechtert, wobei vor allem im tiefen Frequenzbereich die erreichbare Dämmwirkung nahezu zu nichte gemacht wird, daß zum anderen das Meßergebnis in weiten Grenzen durch die Art der Kapselaufstellung beeinflusst werden kann.



**Bild 3:** Einfügungsdämmung der Kapsel bei körperschallisolierter (O—O) und körperschalleitender Aufstellung (●—●), Anregung: Hammerwerk auf Hallraumboden

### Schlußbemerkungen

Insgesamt zeigt sich, daß außer den rein konstruktiven Einflußgrößen, die hier nicht angesprochen wurden, zusätzlich die Art der Schallquelle, die Position der gekapselten Maschine innerhalb der Kapsel und die Art der Kapselaufstellung in starkem Maße die Größe der Einfügungsdämmung bestimmen können. Da das erzielte Meßergebnis bei gleichbleibender Kapselkonstruktion offensichtlich deutlich von der gewählten Versuchssituation abhängt, wird zur besseren Interpretation der Resultate empfohlen, stets die jeweils vorliegenden spezifischen Versuchsbedingungen detailliert aufzuführen.

### Literatur

- [1] Fischer, H.M.; Jacobs, A.; Veres, E.  
 Nachrüstsätze zur Lärminderung an langlebigen Maschinen  
 IBP-Bericht BS 141/86 (1986)
- [2] VDI-Richtlinie 2711: Schallschutz durch Kapselung (1978)

