

Akustik
Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen
(ISO 15667 : 2000)
Deutsche Fassung EN ISO 15667 : 2000

DIN
EN ISO 15667

ICS 17.140.99

Acoustics – Guidelines for noise control by enclosures and cabins
(ISO 15667 : 2000); German version EN ISO 15667 : 2000

Acoustique – Lignes directrices pour la réduction du bruit au moyen
d'encoffrements et de cabines (ISO 15667 : 2000);
Version allemande EN ISO 15667 : 2000

Die Europäische Norm EN ISO 15667 : 2000 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde im ISO/TC 43 (Akustik) unter deutscher Federführung erarbeitet. Sie beschreibt die grundlegenden schall- und betriebstechnischen Anforderungen an Schallschutzkapseln und -kabinen und ist gedacht als Verständigungshilfe für die Anbieter und Anwender. Es werden Hinweise auf die Spezifikationen gegeben, die beim Kauf einer Schallschutzkapsel oder -kabine zu vereinbaren sind.

Für die im Abschnitt 2 in Bezug genommenen Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 11546-1	DIN EN ISO 11546-1
ISO 11546-2	DIN EN ISO 11546-2
ISO 11957	DIN EN ISO 11957
ISO 717-1	DIN EN ISO 717-1
ISO 140-3	DIN EN ISO 140-3
ISO 14163	DIN EN ISO 14163

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11546-1

Akustik – Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkapseln – Teil 1: Messungen unter Laborbedingungen (zum Zweck der Kennzeichnung) (ISO 11546-1 : 1995); Deutsche Fassung EN ISO 11546-1 : 1995

DIN EN ISO 11546-2

Akustik – Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkapseln – Teil 2: Messungen im Einsatzfall (zum Zweck der Abnahme und Nachprüfung) (ISO 11546-2 : 1995); Deutsche Fassung EN ISO 11546-2 : 1995

DIN EN ISO 11957

Akustik – Messung der Schalldämmung von Schallschutzkabinen – Messungen im Labor und im Einsatzfall (ISO 11957 : 1996); Deutsche Fassung EN ISO 11957 : 1996

DIN EN ISO 717-1

Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1 : 1996); Deutsche Fassung EN ISO 717-1 : 1996

DIN EN 20140-3

Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen (ISO 140-3 : 1995); Deutsche Fassung EN 20140-3 : 1995

DIN EN ISO 14163

Akustik – Richtlinien für den Schallschutz durch Schalldämpfer (ISO 14163 : 1998);
Deutsche Fassung EN ISO 14163 : 1998

Fortsetzung 32 Seiten EN

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Akustik
Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen
(ISO 15667 : 2000)

Acoustics – Guidelines for noise control by enclosures
and cabins (ISO 15667 : 2000)

Acoustique – Lignes directrices pour la réduction du
bruit au moyen d'encoffrements et de cabines
(ISO 15667 : 2000)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1. Mai 2000 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Benennungen und Definitionen	3
4 Allgemeine Grundlagen und betriebstechnische Überlegungen	4
5 Bauarten von Kapseln und Kabinen und besondere Anforderungen	6
6 Schalltechnische Anforderungen, Planung und Nachprüfung von Schallschutzmaßnahmen	10
7 Angaben über Kapseln	13
Anhang A (informativ) Konstruktionsbeispiele	14
Anhang B (informativ) Fallstudien	25
Literaturhinweise	31
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	32

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm ISO 15667 : 2000 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2000, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2000 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 15667 : 2000 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG: Die normative Verweisung auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

Einleitung

Schallschutzkapseln mindern den Luftschall auf seinem Ausbreitungsweg von einer Maschine (oder einer Maschinen-
gruppe) zu nahe gelegenen Arbeitsplätzen oder in die Umgebung. Diese Internationale Norm bietet unter Berücksichtigung betriebstechnischer Gesichtspunkte eine systematische Beschreibung der Phänomene, die die akustische Wirksamkeit von Kapseln und Kabinen bestimmen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm befasst sich mit der Wirksamkeit von Schallschutzkapseln. Sie legt die schall- und betriebstechnischen Anforderungen fest, die zwischen dem Lieferanten oder Hersteller und dem Anwender solcher Kapseln zu vereinbaren sind. Diese Internationale Norm ist auf die beiden folgenden Arten von Schallschutzkapseln anwendbar:

- a) Kabinen zum Schutz von Bedienungspersonal vor der Einwirkung von Geräuschen, freistehende Kabinen und an Maschinen angebrachte Kabinen (z. B. Fahrzeuge, Krane).
- b) Freistehende Kapseln zur Abdeckung oder Einhausung von Maschinen. Solche Kapseln, bei denen weniger als 10 % der Oberfläche offen und schalltechnisch unbehandelt sind, bilden den Hauptgegenstand dieser Internationalen Norm.

Diese Internationale Norm behandelt hauptsächlich leichte Bauweisen. Dennoch werden dickwandige, massive Strukturen (z. B. Mauerwerk) nicht ausgeschlossen.

Kapseln mit mehr als 10 % offener und unbehandelter Oberfläche sind sogenannte Teilkapseln und werden in dieser Internationalen Norm nicht behandelt.

Weiterhin sind integrierte Kapseln, die Bestandteil einer Maschine und fest an dieser angebracht sind, nicht Gegenstand dieser Internationalen Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im Folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 140-3 : 1995

Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements

ISO 717-1 : 1996

Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation

ISO 11546-1 : 1995

Acoustics – Determination of sound insulation performance of enclosures – Part 1: Measurements under laboratory conditions (for declaration purposes)

ISO 11546-2 : 1995

Acoustics – Determination of sound insulation performance of enclosures – Part 2: Measurements *in situ* (for acceptance and verification purposes)

ISO 11957 : 1996

Acoustics – Determination of sound insulation performance of sound protecting cabins – Laboratory and *in situ* measurements

ISO 14163 : 1999

Acoustics – Guidelines for noise control by silencers

3 Benennungen und Definitionen

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Benennungen und Definitionen.

3.1

Kapsel

Konstruktion zur Abdeckung oder Einhausung einer Schallquelle (Maschine) zum Schutz der Umgebung vor dieser Schallquelle (Maschine)

ANMERKUNG: Eine Kapsel kann quaderförmig sein oder den Maschinenumrissen folgen. Quaderförmige Kapseln bestehen aus Wänden und einer Decke. Die Kapsel kann Öffnungen für Türen, Fenster, Be- und Entlüftung, Materialzufuhr und -entnahme usw. aufweisen, siehe Bild 4.

3.2

Kabine

Konstruktion speziell zum Schutz von Menschen (z. B. von Maschinenbedienern) vor Umgebungslärm, bestehend aus einer vollständig umhüllenden Konstruktion

ANMERKUNG 1: Angepasst aus ISO 11957 : 1996.

ANMERKUNG 2: Ein Boden ist nicht immer Bestandteil einer Kabine.

3.3

Schallleistungspegelminderung der Kapsel Einfügungsdämm-Maß der Kapsel

D_w

Differenz der Pegel der von der Schallquelle (Maschine) abgestrahlten Schallleistungen ohne und mit Schallschutzkapsel, in Terz- oder Oktavbändern, gemessen nach ISO 11546-1 oder ISO 11546-2

ANMERKUNG 1: Die Schallleistungspegelminderung (bzw. das Einfügungsdämm-Maß) wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Das Spektrum dieser Werte ist nützlich für die allgemeine Planung von Maßnahmen zum Schutz vor Umgebungslärm an Orten in einiger Entfernung von der Schallquelle, z. B. im Hallfeld in einer Werkshalle oder in der Nachbarschaft einer Anlage.

3.4

Bewertete Schallleistungspegelminderung der Kapsel

$D_{w,w}$

Einzahlgröße, die nach dem in ISO 717-1 angegebenen Verfahren ermittelt wird, wobei jedoch das Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) durch das Einfügungsdämm-Maß, D_w , ersetzt wird

ANMERKUNG 1: Die bewertete Schallleistungspegelminderung wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Die Einzahlgröße ist nützlich für annähernde Vergleiche und die allgemeine Planung von Schallschutzmaßnahmen im Gebäudeinneren ohne detaillierte Kenntnis des Quellspektrums.

ANMERKUNG 3: Angepasst aus ISO 11546-2 : 1995.

3.5

Schalldämm-Maß

R

Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) einzelner Kapselelemente (Platten), aus denen die Kapsel besteht, nach ISO 140-3

ANMERKUNG 1: Das Schalldämm-Maß wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: In einem begrenzten Bereich mittlerer Frequenzen (üblicherweise 250 Hz bis 1 000 Hz) steht das Einfügungsdämm-Maß, D_w , einer vollständig abgedichteten Kapsel näherungsweise in folgender Beziehung zum Schalldämm-Maß, R :

$$D_w \approx R + 10 \lg(\alpha) \text{ dB} \quad (1)$$

wobei α den mittleren Absorptionsgrad der Platteninnenseite bezeichnet. Während Angaben zum Spektrum von R und α häufig von den Herstellern geliefert werden, gibt die Beziehung (1) in erster Linie eine obere Grenze an und ist keine verlässliche Grundlage für die Vorhersage des tatsächlichen Einfügungsdämm-Maßes, D_w . Undichtigkeiten, schalltechnisch unzureichend behandelte Öffnungen und Nebenwegübertragung von Körperschall ergeben kleinere Werte des tatsächlichen Einfügungsdämm-Maßes, D_w .

ANMERKUNG 3: Hinsichtlich der Messung des Schalldämm-Maßes kleiner Bauelemente mit Öffnungen siehe ISO 140-10 [11].

3.6

Schalldruckpegelminderung, D_p

3.6.1

Schalldruckpegelminderung für Kapseln

D_p

Differenz der Schalldruckpegel an einem festgelegten Punkt ohne und mit Kapsel, in Terz- oder Oktavbändern

ANMERKUNG 1: Die Schalldruckpegelminderung wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Das Spektrum dieser Werte ist nützlich für eine detaillierte Analyse der akustischen Wirksamkeit einer Kapsel in verschiedenen Richtungen.

ANMERKUNG 3: Die Schalldruckpegelminderung einer Kapsel wird nach ISO 11546-1 und ISO 11546-2 gemessen.

3.6.2

Schalldruckpegelminderung für Kabinen

D_p

Differenz der Schalldruckpegel in einem Raum mit diffusem Schallfeld und in einer Kabine, die in diesem Schallfeld aufgestellt ist, in Terz- oder Oktavbändern

ANMERKUNG 1: Die Schalldruckpegelminderung wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Die Schalldruckpegelminderung einer Kabine wird nach ISO 11957 gemessen.

ANMERKUNG 3: Angepasst aus ISO 11957 : 1996.

3.7

Beobachtete Schalldruckpegelminderung einer Kabine

D'_p

Differenz zwischen dem Schalldruckpegel in einem Raum mit beliebigem Schallfeld und dem Schalldruckpegel in einer in diesem Raum befindlichen Kabine, in Terz- oder Oktavbändern

ANMERKUNG 1: Die beobachtete Schalldruckpegelminderung einer Kabine wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Das Schallfeld in dem Raum muss nicht notwendigerweise diffus sein.

ANMERKUNG 3: Die Schalldruckpegelminderung einer Kabine wird nach ISO 11957 gemessen.

ANMERKUNG 4: Angepasst aus ISO 11957 : 1996.

3.8

A-bewertete Schalldruckpegelminderung

D_{pA}

für das tatsächliche Spektrum der Schallquelle ermittelte Einzählgröße, die die Minderung des A-bewerteten Schalldruckpegels an einem festgelegten Punkt aufgrund einer Kapsel bzw. im Innern einer in einem diffusen Schallfeld aufgestellten Kabine beschreibt

ANMERKUNG 1: Die A-bewertete Schalldruckpegelminderung wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Dieser Einzählwert ist besonders bedeutsam für die Beschreibung der tatsächlichen akustischen Wirksamkeit einer Kapsel für eine bestimmte Maschine, z. B. in einem Abstand von 1 m von einer Maschinenkapsel oder an einem beliebigen Punkt im Innern einer Kabine.

3.9

Schätzwert für die Schalldämmung einer Kapsel

$D_{pA,e}$

für ein bestimmtes Schallquellenspektrum ermittelte Einzählgröße, die die Minderung des A-bewerteten Schalldruckpegels an einem bestimmten Punkt aufgrund einer Kapsel beschreibt

ANMERKUNG 1: Der Schätzwert für die Schalldämmung wird in Dezibel (dB) angegeben.

ANMERKUNG 2: Dieser Einzählwert ist besonders wichtig für die Abschätzung der akustischen Wirksamkeit einer Kapsel, wenn detaillierte Kenntnisse des Quellspektrums fehlen.

3.10

Öffnungsverhältnis

θ

Verhältnis der Fläche aller schalltechnisch unbehandelten Öffnungen der Kapsel zur gesamten Innenfläche der Kapsel (einschließlich der Öffnungen)

ANMERKUNG: Angepasst aus ISO 11546-1 : 1995 und ISO 11546-2 : 1995.

4 Allgemeine Grundlagen und betriebstechnische Überlegungen

4.1 Schallquelle

Die Schallquelle (oder -quellen), die mit einer Kapsel schalltechnisch zu behandeln ist (sind), ist (sind) eindeutig zu bezeichnen. Der abgestrahlte Luftschall ist nach den jeweils zutreffenden Normen der Reihe ISO 3740, nach ISO 9614 bzw. nach den Normen der Reihe ISO 11200 zu messen.

Die Aufstellung einer Kapsel führt zu einem Hitzestau im Innern. Belüftungsanlagen und Hilfseinrichtungen, die zwecks Wärmeabfuhr und Klimatisierung zusammen mit der Kapsel geliefert werden, sind als zusätzliche Schallquellen zu berücksichtigen.

4.2 Schallausbreitungswege

Die verschiedenen Schallausbreitungswege von einer Schallquelle in die Umgebung können in die vier in Bild 1 dargestellten Kategorien eingeteilt werden.

a) Weg 1 für Luftschall durch Öffnungen (oder Undichtigkeiten) der Kapsel erfordert größte Aufmerksamkeit. Bei sehr tiefen Frequenzen, bei denen die Abmessungen der Kapsel klein im Vergleich zur Wellenlänge sind und die Kapselauskleidung nur gering oder gar nicht absorbiert, bilden der Kapselinnenraum und die durch die Öffnungen gebildete Einschnürung einen Helmholtz-Resonator, was zu einem negativen Einfügungsdämm-Maß der Kapsel führen kann. Bei hohen Frequenzen, wo die Kapsel eine beträchtliche Dissipation bewirkt, wird die Schallübertragung über Weg 1 durch das Öffnungsverhältnis θ und die Dissipation von Schall in öffnungsnahen Auskleidungen bestimmt. Für schalltechnisch unbehandelte Öffnungen wird das Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) R_1 entlang Weg 1 bei hohen Frequenzen abgeschätzt nach

$$R_1 \approx -10 \lg(\theta) \text{ dB} \quad (2)$$

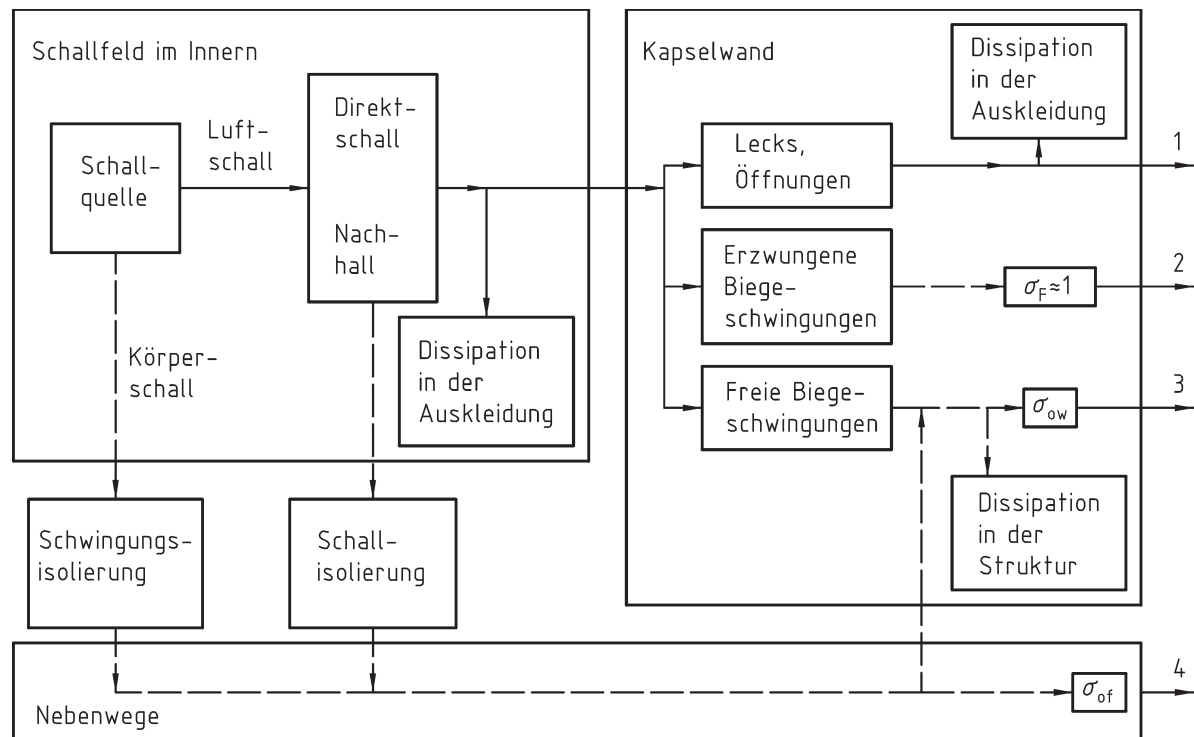


Bild 1: Schematische Darstellung von Schallausbreitungswegen

- b) Weg 2 für Schallausbreitung durch die Kapselwände wird typischerweise durch Prüfstandsversuche an gut abgedichteten Kapseln ohne Nebenwegübertragung von Körperschall überprüft. Bei sehr tiefen Frequenzen wird das Einfügungsdämm-Maß der Kapsel durch das Verhältnis der Nachgiebigkeit des Gases in der Kapsel zur Volumennachgiebigkeit der Kapselwände bestimmt [siehe Gleichung (3)]. Bei tiefen Frequenzen kann das Gas zwischen der Maschine und einer nahe gelegenen Kapselwand aufgrund seiner Nachgiebigkeit mit der Masse der Wand in Resonanz geraten, wodurch ein Minimum des Einfügungsdämm-Maßes auftritt.

Bei mittleren und hohen Frequenzen ist das Schalldämm-Maß wirksam. Es wird durch die Impedanz der undurchlässigen Außenseite und die Dämpfung auf dem Ausbreitungsweg durch die Innenauskleidung hindurch bestimmt. Bei einschaligen Konstruktionen wird das Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) bis zu einer flächenbezogenen Masse der Platten von etwa 15 kg/m^2 und Frequenzen von etwa 2 kHz durch die Masse bestimmt. Zweischalige Konstruktionen dienen zur Verbesserung des Schalldämm-Maßes (oder Durchgangsdämpfungsmaßes) bei mittleren Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz der zweischaligen Wand. Minima des Schalldämm-Maßes (oder Durchgangsdämpfungsmaßes) aufgrund des Zusammenfallens der Wellenlänge von einfallendem Schall mit derjenigen von freien BiegeWellen auf einer Platte werden bei Frequenzen oberhalb von 2 kHz größtenteils durch Schalldämpfung in der Auskleidung vermieden. Außer für sehr niedrige Frequenzen, wo der Kapselumfang kleiner ist als die Wellenlänge des Luftschalls, gilt für den Abstrahlgrad erzwungener Biegeschwingungen $\sigma_F \approx 1$.

ANMERKUNG: Der Abstrahlgrad ist in ISO/TR 7849 [14] definiert.

- c) Weg 3 enthält die Abstrahlung freier BiegeWellen durch die Kapselwände. Da hauptsächlich dünne Platten

für die Kapsel zum Einsatz kommen, ist der Abstrahlgrad σ_{ow} von biegeWeichen Platten gering und wird vorwiegend durch deren eingespannte Kanten bzw. Befestigungspunkte bestimmt. Freie BiegeWellen werden größtenteils durch Nebenwegübertragung von Körperschall und Luftschall verursacht. Eine Bedämpfung der Platten sorgt für die Dissipation solcher Wellen. Bei Frequenzen oberhalb 1 kHz sind möglicherweise freie BiegeWellen der Kapselrahmen zu berücksichtigen.

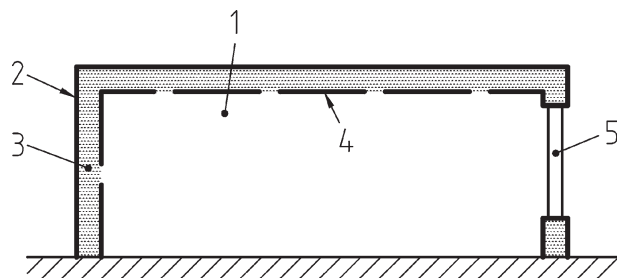
- d) Weg 4 steht für die Körper- und Luftschallabstrahlung mit dem Abstrahlgrad σ_{of} von flankierenden Bauteilen, die von der Kapsel unbeeinflusst bleibt. Beispiele für solche flankierenden Bauteile sind der Boden, ungekapselte Maschinenteile, der Maschine zugeführtes Material und mit der Maschine verbundene Rohrleitungen. Dieser Beitrag setzt der akustischen Wirksamkeit einer sonst gut konstruierten Kapsel letztendlich Grenzen.

In kritischen Fällen müssen alle Schallübertragungswege berücksichtigt werden. Die einzelnen Beiträge können aus geeigneten Messungen oder Berechnungen ermittelt werden. Die Unterscheidung der Beiträge aus Weg 2 und Weg 3 ist am schwierigsten. Für den Fall, dass die zu kapselnde Schallquelle abgeschaltet wird, sollte zusätzlich, soweit möglich, der Schalldruckpegel des Hintergrundgeräuschs bestimmt werden.

4.3 Wirksamer Schallschutz

ANMERKUNG: Wesentliche Gesichtspunkte für einen wirksamen Schallschutz durch Kapselung werden in den Literaturhinweisen [1], [2], [6] und [9] behandelt.

4.3.1 Es ist eine Kapsel oder Kabine auszuwählen, die auf die besondere Aufgabe der Einhausung einer Maschine oder des Schutzes für einen Arbeitsplatz zugeschnitten ist. Dabei sind allgemeine Betriebskriterien, wie vorhandener Platz, Sicherheitsaspekte, Materialfluss usw., zu beachten.



Legende

- 1 Raum für Schallquelle oder Arbeitsplatz
- 2 Außenhülle
- 3 Absorbierende Auskleidung
- 4 Gelochte Abdeckung
- 5 Fenster

Bild 2: Schallschutzkapsel oder -kabine (schematisch)

4.3.2 Im Allgemeinen ist die akustische Wirksamkeit von auf einen mechanisch stabilen Rahmen montierten Platten hinsichtlich Absorption und Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) ausreichend, wenn übliche Materialien verwendet werden. Die üblichen Komponenten nach Bild 2 sind:

- Außenhülle: 1,5 mm dickes Stahlblech; wird ein anderes Material als Stahl für die Außenhülle verwendet, sollte seine Dicke so gewählt werden, dass sich eine flächenbezogene Masse von 10 kg/m² bis 15 kg/m² ergibt;
- absorbierende Innenauskleidung: 50 mm dicke Mineralwolle;
- Abdeckung für die absorbierende Innenauskleidung: Lochblech mit wenigstens 30 % Lochfläche;
- Fenster aus Sicherheitsglas: 6 mm dick.

ANMERKUNG: In dieser Internationalen Norm wird die Bezeichnung „Mineralwolle“ für „Mineralwolle oder Glasfaserwerkstoff“ verwendet.

Ein typisches Spektrum des Schalldruckpegels nahe einer Maschine mit und ohne solch eine Kapsel ist in Bild 3 dargestellt. Der Spitzenwert der A-bewerteten Schallemission um 500 Hz bestimmt die A-bewertete Schalldruckpegelminderung.

Besondere Anforderungen hinsichtlich eines größeren Einfügungsdämm-Maßes bei tiefen Frequenzen, für die Abdeckung zum Schutz der Mineralwolle, die Verwendung besonderer Formen und Werkstoffe für die undurchlässige Oberfläche und das Absorptionsmaterial usw. bedürfen ausführlicher Untersuchungen.

4.3.3 Höchste Aufmerksamkeit gilt Undichtigkeiten und Öffnungen. Undichtigkeiten zwischen Kapselementen sind durch Verwendung spezieller Einfach- oder Doppel-dichtungen je nach den schalltechnischen Anforderungen zu vermeiden. Falls die Kapselemente häufig abgebaut werden, ist sicherzustellen, dass die Dichtungskonstruktionen mehrfach wiederverwendbar sind. Wo undichte Stellen unvermeidbar sind, wie bei Schiebetüren, sind absorbierende Auskleidungen oder Schlitzschalldämpfer zu verwenden. Öffnungen für Be- und Entlüftung, Kabel, Rohre, Materialtransport usw. sind auf ein Mindestmaß zu beschränken und mit Schalldämpfern oder absorbierend ausgekleideten Kanälen zu versehen. Wartungsöffnungen sind während des Betriebs der Schallquelle sorgfältig zu verschließen.

4.3.4 Zur Vermeidung der Nebenwegübertragung von Körperschall sollte die Schallquelle federnd gelagert sein. Die Platten der Kapsel sollten die Schallquelle nicht berühren. Wo dies unvermeidbar ist, sollte die Anzahl der Befestigungspunkte auf ein Mindestmaß beschränkt werden, und diese sollten mit elastischen Verbindungselementen zwischen der Schallquelle und den Kontaktpunkten versehen sein.

4.3.5 Zur Vermeidung der Nebenwegübertragung von Luftschall über den Boden ist eine die Maschine vollständig umhüllende Kapsel (Vollkapselung) zu verwenden, wenn dies zur Erzielung einer besonders hohen akustischen Wirksamkeit erforderlich ist.

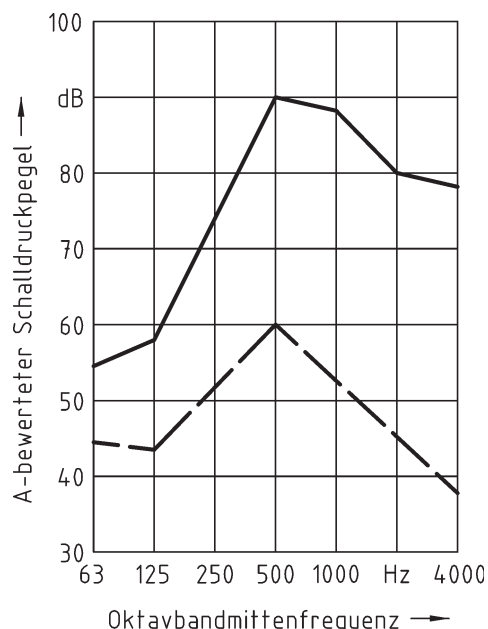
4.3.6 Für spezielle Anwendungsbereiche sind die Platten zur Erhöhung des von der flächenbezogenen Masse abhängigen Schalldämm-Maßes (oder Durchgangsdämpfungsmaßes) und zwecks Dämpfung freier Biegewellen erforderlichenfalls mit entdröhnendem Material zu beschichten.

5 Bauarten von Kapseln und Kabinen und besondere Anforderungen

5.1 Kapseln

5.1.1 Kleine Kapseln (Hauben)

Kapseln können für tieffrequenten Schall als klein gelten, wenn ihre größte Abmessung kleiner als ein Viertel der Wellenlänge des Luftschalls ist. Geringe Masse der Wände und durchsichtige Wände erlauben eine leichte Handhabung, konstruktionsgerechte Verwendung und lange Standzeit. Oft bildet der Maschinenrahmen die Stützstruktur für die Kapsel.



mit (---) und ohne (—) Kapsel

Bild 3: Typisches Beispiel für ein A-bewertetes Oktavbandspektrum des Schalldruckpegels in der Nähe einer Maschine

Bei tiefen Frequenzen beträgt das Einfügungsdämm-Maß einer luftdichten Kapsel

$$D_W = 20 \lg \left[1 + \frac{C_v}{\sum_{i=1}^n C_{wi}} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

Dabei ist:

- $C_v = V_0/(\kappa P_0)$ die Nachgiebigkeit des Gasvolumens in der Kapsel, in Meter zur fünften Potenz geteilt durch Newton, m^5/N ;
 V_0 das Gasvolumen in der Kapsel, in Kubikmeter, m^3 ;
 κ das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten des Gases in der Kapsel; für Luft $\kappa = 1,4$;
 P_0 der statische Gasdruck in der Kapsel, in Pascal, Pa; für Luft unter Umgebungsbedingungen $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$;
 $C_{wi} = \Delta V_{pi}/p$ die Volumennachgiebigkeit der i -ten Kapselplatte, in Meter zur fünften Potenz geteilt durch Newton, m^5/N ;
 ΔV_{pi} die Volumenänderung der i -ten Kapselplatte als Reaktion auf den in der Kapsel herrschenden Schalldruck, in Kubikmeter, m^3 ;
 p der gleichförmige Schalldruck in der Kapsel, in Pascal, Pa;
 n die Anzahl der Platten, aus denen die Kapsel zusammengesetzt ist.

Für den Sonderfall einer würfelförmigen Kapsel mit eingespannten ebenen Platten beträgt das Einfügungsdämm-Maß

$$D_W = 20 \lg \left[1 + 41 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \frac{E}{\kappa P_0} \right] \text{ dB} \quad (4)$$

Dabei ist:

- h die Dicke der Kapselplatten, in Meter, m;
 a die Seitenlänge der Kapsel, in Meter, m;
 E der Elastizitätsmodul des Plattenmaterials, in Pascal, Pa;
 κ, P_0 wie für Gleichung (3).

Sind die Kanten eher abgestützt als eingespannt, ist das Einfügungsdämm-Maß typischerweise 10 dB kleiner. Für kleine Kapseln derselben Masse zeigt Gleichung (4), dass Aluminium und Glas ein um etwa 10 dB größeres Einfügungsdämm-Maß aufweisen als Stahl, während Blei bei tieffrequentem Schall eine sehr ungünstige Wahl ist [1].

Abgesehen von Sonderkonstruktionen weisen wahrscheinlich alle kleinen Kapseln Undichtigkeiten auf und liefern bei Frequenzen unter $1,4 f_L$ kein positives Einfügungsdämm-Maß, wobei für eine würfelförmige Kapsel mit einer runden Öffnung

$$f_L = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\theta}{(h + \Delta h)a \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^n C_{wi}}{C_v} \right]}} \quad (5)$$

und

- c die Schallgeschwindigkeit im Gasvolumen in der Kapsel, in Meter je Sekunde, m/s;

- θ das Öffnungsverhältnis der Kapsel;
 a, h wie für Gleichung (4);
 $\Delta h \approx 1,6 a_L$ die Mündungskorrektur für beide Enden der Kapselöffnung, in Meter, m;
 a_L der Radius der Kapselöffnung, in Meter, m;
 C_{wi}, C_v wie für Gleichung (3).

Bei Frequenzen oberhalb f_L strebt das Einfügungsdämm-Maß der undichten Kapsel gegen dasjenige der dichten Kapsel. Undichtigkeiten zwischen Kapsel und Rahmen sind mit elastischen Bändern abzudichten, die für häufige Wiederverwendung geeignet sind. Da wirksame Schalldämpfer aufgrund von Platzmangel nicht eingebaut werden können, sollten die Öffnungen möglichst klein gehalten werden. Die Nebenwegübertragung von Körperschall (z. B. über das Papier eines mechanischen Druckers) ist vorzugsweise durch Schwingungsdämpfung zu mindern.

5.1.2 Kapseln für ortsfest aufgestellte Einzelmaschinen

5.1.2.1 In Werkstätten

Die Kapselgröße wird oft durch das Platzangebot um die Maschine herum bestimmt. In einigen Fällen kann eine die maßgebliche Schallquelle umgebende Teilkapselung günstiger erscheinen.

Bei der Wahl der Größe und Ausführung der Kapsel sind zahlreiche Aspekte, wie Zugänglichkeit, Wartungsbedarf, erforderliche Nachstellungen oder Werkzeugausbau- bzw. umrüstarbeiten usw. zu berücksichtigen. In manchen Fällen sind einzelne Platten aufgrund ihres Gewichts und ihrer Größe mit Versteifungen sowie mit Haken zu versehen, damit sie angehoben und ausgebaut werden können.

Zusätzlich kann eine Außenbehandlung der Kapsel zum Schutz vor Umwelteinflüssen, z. B. Öl und Wasser, erforderlich sein. Es sollte außerdem möglich sein, sie zu reinigen. Die Innenflächen der Kapsel und alle Öffnungen sollten mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet sein. Hierbei können Kunststoff- oder Metallfolien diese Auskleidungen vor dem Eindringen von Öl und Wasser schützen. Bei Einsatz solcher Abdeckungen ist zu bedenken, dass hierdurch in einigen Fällen die akustische Wirksamkeit der schallabsorbierenden Auskleidungen, insbesondere bei hohen Frequenzen, beeinträchtigt werden kann.

ANMERKUNG 1: Bei einer flächenbezogenen Masse der Kunststoff- oder Metallfolie von mehr als 50 g/m^2 oder bei einer Kunststofffoliendicke von mehr als $50 \mu\text{m}$ tritt eine Minderung der Absorption bei Frequenzen oberhalb von 2 kHz auf.

Zum Schutz der absorbierenden Auskleidung vor mechanischer Beschädigung sind schalldurchlässige Abdeckungen notwendig.

ANMERKUNG 2: Ausreichende Schalldurchlässigkeit wird im Allgemeinen durch die Verwendung von Aluminium-Streckmetall oder Stahl-Lochblech mit einem Lochflächenanteil von 30% und einem Lochdurchmesser zwischen 3 mm und 5 mm erzielt.

Werden Folien zusammen mit Lochblech verwendet, sind Vorkehrungen zu treffen, um eine durch Haften der Folie am Lochblech bedingte Minderung der Schallabsorption zu verhindern. Dies lässt sich durch das Einbringen eines dünnen Maschengeflechtes zwischen Lochplatte und Folie erreichen. Es muss Sorge getragen werden, dass Grate auf der Innenseite der Lochplatte nicht zu Beschädigungen der dünnen Folie führen.

Bei Schallschutzkapseln, die für eine bewertete Schallleistungspegelminderung von mindestens 20 (30) dB ausgelegt sind, sind alle Undichtigkeiten, die zu einem Öffnungsverhältnis von mehr als 0,01 (0,001) führen, z. B.

durch Elastomerbänder und -buchsen (siehe Bild A.3 bis Bild A.6 und Bild A.17 bis Bild A.21) abzudichten. Türen bedürfen besonderer Aufmerksamkeit (siehe Bild A.11 bis Bild A.13). Der Durchtritt von Schall aufgrund der Resonanz in einer ausgedehnten Öffnung kann eine Minderung der Schalldämmung in einem schmalen Frequenzband bewirken.

Je nach erforderlicher Wirksamkeit der Kapsel sind Schalldämpfer für Naturzug- und Zwangsbelüftungssysteme sowie für Öffnungen, die der Materialzufuhr und -entnahme dienen, einzubauen (siehe Bild A.7 bis Bild A.10). Zur Spezifikation und Auswahl von Schalldämpfern siehe ISO 14163.

Bei vorgefertigten Platten werden relativ große Öffnungen für Kabel, mechanische Übertragungselemente usw. ausgeschnitten. Nach dem Einbau dieser Bauteile werden die Öffnungen mit Mineralwolle zwischen Stahlblechabdeckungen und gegebenenfalls mit Elastomerbändern und -buchsen abgedichtet (siehe Bild A.14 bis Bild A.16).

Wenn die Schallabstrahlung der Maschine im Wesentlichen durch Körperschall bestimmt ist (z. B. bei Verbrennungsmotoren, wassergekühlten Elektromotoren, Generatoren, Getrieben, Kompressoren oder Transformatoren), ist die Wirksamkeit der Kapsel oft durch Nebengewegübertragung des Körperschalls über den Stützrahmen oder über Verbindungsstellen zwischen der Quelle und den Kapselwänden begrenzt. Federnde Auflagen auf einem schweren Fundament und elastische Verbindungen oder Buchsen sorgen für verbesserten Schallschutz [10]. In kritischen Fällen kommen doppelt elastische Lagerungen mit einem zusätzlichen Federelement zwischen Maschinenfundament und dem Gebäudeboden zum Einsatz (siehe Bild A.28). Das Maschinenfundament ist dann von den Kapselwänden zu trennen oder zu isolieren. Unter einer auf einem steifen Rahmen aufgestellten Maschine können kompakte doppelt elastische Lagerungen verwendet

werden, die zwischen zwei federnden Schichten eine Masse einschließen.

5.1.2.2 Im Freien

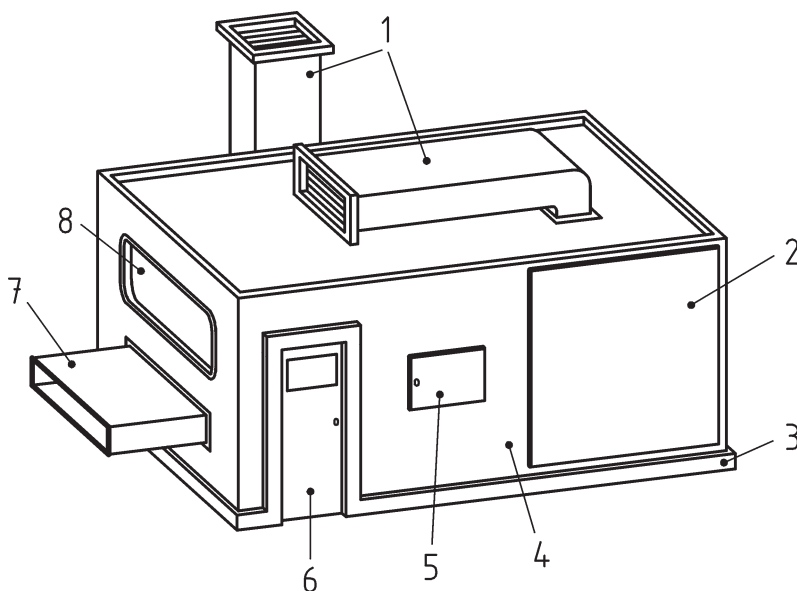
Zusätzlich zu den Anforderungen für Schallschutzkapseln in Werkstätten sind, falls erforderlich, folgende Punkte zu beachten: Wetterbeständigkeit der Materialien (wird durch verzinkten und/oder lackierten Stahl erreicht) und der Öffnungen (wird durch entsprechend geformtes Stahlblech erreicht), Beständigkeit gegen Windbelastungen (wird durch erhöhte Dicke der äußeren Ummantelung und/oder Versteifungen zwischen Außenseite und Lochblech auf der Innenseite erreicht) und gegebenenfalls Meerwasserbeständigkeit (wird durch Aluminium erreicht).

ANMERKUNG: Bei Deflektorhauben für Lüftungsanlagen sollten Strömungsgeräusche beachtet werden.

Zur Minderung der Nebengewegübertragung über das Maschinenfundament bei solchen Maschinen, die auf elastischen Strukturen aufgestellt sind, kann die Fundamentmasse durch Einbettung in Beton erhöht werden. Im Allgemeinen ist eine absorbierende Vollausskleidung oder eine Einschränkung der Fenster nicht nötig. Besondere sicherheitstechnische Anforderungen (z. B. nach einer Explosionsklappe) sind einzuhalten.

5.1.3 Begehbare Kapseln für Großmaschinen und Maschinengruppen

Die Merkmale einer typischen Maschinenkapsel sind im Bild 4 dargestellt. Zusätzlich zu den Anforderungen für Schallschutzkapseln in Werkstätten sollte ein Be- und Entlüftungssystem sowie eine Innenbeleuchtung vorhanden sein. Weiterhin sind geeignete Sicherheitsvorrichtungen vorzusehen (z. B. ein Unterbrechungsschalter zur Trennung von der Energieversorgung, damit die Maschine nicht versehentlich von außen gestartet werden kann [siehe auch 6.2.2]). Anwendungen im Zusammenhang mit giftigen Gasen, beweglichen Maschinenteilen usw. können beson-



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Zu- und Abluft, geeignet bedämpft | 5 Klappe für regelmäßige Wartung (schwenkbar) |
| 2 abnehmbare Platte für gelegentlichen Zugang, luftdicht abgedichtet | 6 Zugangstür für Personal (soweit erforderlich) |
| 3 luftdichte Dichtung | 7 Material-/Werkstückzu- und Abfuhr durch bedämpfte Kanäle |
| 4 Innenauskleidung schallabsorbierend, Außenhülle schalldämmend | 8 Sichtfenster |

Bild 4: Typische Maschinenkapsel

dere Sicherheitsvorkehrungen erforderlich machen. Für die verschiedenen Richtungen können unterschiedliche Schallschutzanforderungen festgelegt sein, die zu unterschiedlicher Behandlung der Öffnungen führen.

Fensterrahmen sind gut abzudichten und hinsichtlich der Schalldämmung auf die Fensterscheiben abzustimmen (siehe Bild A.25 und Bild A.26).

Besonders zu beachten ist die Schallübertragung durch Schlitz um die Türen. Sie ist von der Art der Tür und der Türverriegelung abhängig. Drei Arten von Türen werden unterschieden:

- a) Schiebetüren, Falttüren und vertikal schwenkbare Türen (z. B. Garagentore);
- b) Schwenkflügeltüren (mit oder ohne Türschwelle);
- c) Türen mit Servoverschluss.

Eine Schiebetür wird verwendet, wenn die örtlichen Gegebenheiten keinen ausreichenden Platz für das Öffnen und Schließen einer Schwenkflügeltür bieten, z. B. aus Sicherheitsgründen, wenn ein Verkehrsweg unmittelbar vor einer Personaltür verläuft. Der notwendige Schlitz am Türumfang mit der Dicke h erfordert schalltechnisch behandelte Spalte der Länge $w \geq 20 h$ (siehe Bild A.13) als Dichtungersatz.

Schwenkflügeltüren einer Kapsel müssen sich nach außen öffnen, falls diese auf einem Fluchtweg liegen. Bei Schwenkflügeltüren ohne Türschwelle sind an drei Seiten des Rahmens elastische (Gummi-)Dichtungen angebracht. Der Luftzwischenraum zwischen der Tür und dem Boden sollte möglichst klein sein, um eine Minderung des Schalldämm-Maßes (oder Durchgangsdämpfungsmaßes) der Tür zu vermeiden. Zusätzliche Maßnahmen (z. B. eine Bürstendichtung) liefern lediglich eine geringfügige Verbesserung des Schalldämm-Maßes (oder Durchgangsdämpfungsmaßes). Eine etwas bessere Wirksamkeit wird durch Gummi-Gleitdichtungen und gewölbte Anschlagleisten erzielt. Letztere werden auf dem Boden befestigt und können von Rädern ohne größere Stolpergefahr passiert werden (siehe Bild A.20). Der Hauptnachteil solcher Dichtungen ergibt sich aus dem Verschleiß aufgrund von Abrieb und dem hohen Wartungsaufwand. Je nach Gebrauchshäufigkeit wird die Bodendichtung unwirksam.

Schwenkflügeltüren mit Türschwelle erzielen eine bessere akustische Wirksamkeit. Die Dichtungen sind an allen vier Türkanten wirksam, und akustische Lecks werden vermieden. Der Nachteil ist die große Stolpergefahr durch die Schwelle.

Türen mit Servoverschluss für sehr hohe Schallschutzanforderungen sind mit pneumatisch oder elektrisch betätigten Andruckvorrichtungen ausgestattet, die nach dem Schließen der Tür eine exakt gesteuerte und gleichmäßig verteilte Kompression der Türdichtungen bewirken. Beim Öffnen der Tür ist der Vorgang umgekehrt. Zuerst werden die Dichtungen druckentlastet, dann kann die Tür geöffnet werden.

Schwenkflügeltüren sind üblicherweise mit normalen Schnappschlössern versehen. Der auf die Türdichtungen wirkende Druck ist abhängig von der Einbautoleranz der Türangeln und der Schließplatte. Für höhere Drücke kommen Schneckschlösser zum Einsatz. Diese ermöglichen eine zusätzliche Kompression der Dichtungen mittels einer mechanischen Vorrichtung, die durch Drehen des Türgriffs um weitere 90° betätigt wird.

5.1.4 Hochwirksame Kapseln

Anwendungsbereiche für hochwirksame Kapseln (siehe 6.1) sind z. B. Motorenprüfstände, Transformatoren, Kompressoren und Wellpappemaschinen.

Bei im Freien aufgestellten Kapseln (für Aggregate oder vollständige Anlagen) sind sorgfältige Wetterschutzmaß-

nahmen auch gegen Sturm zu treffen. Hierzu dient bei großen Kapseln im Allgemeinen die starke Befestigung versteifter Platten am Grundrahmen.

Die Nebenwegübertragung von Körperschall kann die Obergrenze des Einfügungsdämm-Maßes der Kapsel bestimmen. Zur Erfüllung hoher Schallschutzanforderungen ist die Nebenwegübertragung, soweit möglich, vorzugsweise an den Schwingungsquellen zu mindern, alternativ auf dem Ausbreitungsweg durch spezielle Federelemente, die die Platten halten, und schließlich durch eine an der Außenwand angebrachte Entdröhnsschicht. Doppelschalige Wände mit einer flächenbezogenen Masse m''_1 und m''_2 der beiden Wände in einem Abstand t und mit einem Schallabsorptionsmaterial (mit einer Dichte von nicht mehr als 125 kg/m³) zwischen diesen Wänden liefern ein zusätzliches Schalldämm-Maß (oder Durchgangsdämpfungsmaß) im Frequenzbereich oberhalb von $1,4 f_d$, wobei f_d die Frequenz der Doppelwandresonanz ist:

$$f_d = a \sqrt{\left(\frac{1}{m''_1} + \frac{1}{m''_2}\right) \frac{1}{t}} \quad (6)$$

Dabei ist

$$a = 60 \text{ Hz} \sqrt{\text{kg/m}}.$$

m''_1 und m''_2 werden in Kilogramm je Quadratmeter (kg/m²) angegeben, t in Meter (m).

ANMERKUNG: Für zwei Stahlplatten von 1 mm bzw. 1,5 mm Dicke in einem Abstand von 0,1 m und eine Füllung des Zwischenraums mit Mineralwolle liegt die Resonanzfrequenz bei etwa 80 Hz.

5.1.5 Mobile und auf Fahrzeugen montierte Kapseln

Auf Fahrzeugen montierte Maschinen (z. B. Generatoren und Kompressoren, Pumpen und Hydraulikaggregate) müssen für den Betrieb auf Baustellen und in anderen für einen begrenzten Zeitraum betriebenen Anlagen gekapselt werden. Während die grundlegenden schalltechnischen Eigenschaften von solchen Kapseln dieselben wie in 5.1.2 bleiben, ergeben sich durch die speziellen Randbedingungen bestimmte Einschränkungen.

Die Platten sind oft auf einem Kapselrahmen befestigt, der sich bei der Fortbewegung des Fahrzeuges über unebenen Boden verbiegen würde. Das Anbringen der Blechplatten als System erhöht jedoch die Steifigkeit der so zusammengebauten Kapsel beträchtlich. Die sich hieraus ergebende Spannung muss von dem Kapselrahmen abgefangen werden. Hierzu wird eine erheblich größere Zahl von Befestigungsschrauben, Bolzen oder Verankerungen benutzt.

Es ist ebenso sinnvoll, durchgehende Bleche so groß wie möglich zu fertigen und sie sogar durch Klebungen mit dem Kapselrahmen zu verbinden. Derartige Blechgrößen von mehr als 10 m Länge und 3 m Höhe können durch Verwendung von Coils, in der Regel aus Aluminiumlegierungen, erzielt werden. Der Zugriff auf Regeleinrichtungen sollte möglich sein, ohne dass Klappen geöffnet werden müssen. Sofern möglich, sollte die Maschine nur dann betrieben werden können, wenn alle Klappen und Türen geschlossen sind.

Mobile Kapseln müssen wasserdicht sein. Dies erfordert Sorgfalt hinsichtlich der Fugen und deren dauerhafter Abdichtung im Betrieb.

Da mobile Anhänger so leicht wie möglich gebaut werden müssen, ist die traditionell übliche Verwendung von Masse zur Erzielung der nötigen Schalldämmung weniger angebracht. Statt dessen werden oft sehr dicke (300 mm) Schichten von Absorptionsmaterial (am besten eignet sich Glaswolle mit einer Dichte von ungefähr 30 kg/m³) zur