

DIN EN ISO 11688-1

ICS 17.140.20; 21.020

Ersatz für
DIN EN ISO 11688-1:1998-10

**Akustik –
Richtlinien für die Konstruktion lärmarmen Maschinen und Geräte –
Teil 1: Planung (ISO/TR 11688-1:1995);
Deutsche Fassung EN ISO 11688-1:2009**

Acoustics –
Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment –
Part 1: Planning (ISO/TR 11688-1:1995);
German version EN ISO 11688-1:2009

Acoustique –
Pratique recommandée pour la conception de machines et d'équipements à bruit réduit –
Partie 1: Planification (ISO/TR 11688-1:1995);
Version allemande EN ISO 11688-1:2009

Gesamtumfang 46 Seiten

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

Nationales Vorwort

Der der Europäischen Norm EN ISO 11688-1:2009 zugrunde liegende Internationale Technische Report ISO/TR 11688-1:1995 wurde im Technischen Komitee ISO/TC 43/SC 1 „Noise“ (Sekretariat: DS, Dänemark) auf Antrag von CEN/TC 211 „Akustik“ (Sekretariat: DS, Dänemark) unter intensiver deutscher Mitarbeit erstellt.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitskreis NA 001-02-01 AA „Maschinenakustik — Konstruktion lärmarmen Maschinen und Anlagen“ im Normenausschuss „Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik“ (NALS) im DIN und VDJ zuständig.

Durch die Novellierung der EG-Maschinenrichtlinie wurde die formale Anpassung der Anhänge ZA und ZB zur Bezugnahme auf die bisherige Richtlinie 98/37/EG und die neue Richtlinie 2006/42/EG erforderlich. Die technischen Inhalte von DIN EN ISO 11688-1:1998-10 wurden nicht geändert.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 3744	siehe DIN EN ISO 3744
ISO 3746	siehe DIN EN ISO 3746
ISO 4871	siehe DIN EN ISO 4871
ISO 9611	keine Deutsche Norm
ISO 9614-1	siehe DIN EN ISO 9614-1
ISO 9614-2	siehe DIN EN ISO 9614-2
ISO 11200	siehe DIN EN ISO 11200
ISO 11689	siehe DIN EN ISO 11689

Diese Deutschen Normen sind im Anhang NA aufgeführt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 11688-1:1998-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung und Ergänzung der Anhänge ZA und ZB, die den Bezug zur bisherigen Maschinenrichtlinie (98/37/EG) und zur neuen Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) herstellen;
- b) Anpassung an die neue deutsche Rechtschreibung.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 11688-1:1998-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3744, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene*

DIN EN ISO 3746, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene*

DIN EN ISO 4871, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten*

DIN EN ISO 9614-1, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen — Teil 1: Messungen an diskreten Punkten*

DIN EN ISO 9614-2, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schallintensitätsmessungen — Teil 2: Messung mit kontinuierlicher Abtastung*

DIN EN ISO 11200, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen zur Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten*

DIN EN ISO 11689, *Akustik — Vorgehensweise für den Vergleich von Geräuschemissionswerten für Maschinen und Geräte*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Akustik —
Richtlinien für die Konstruktion lärmarmen
Maschinen und Geräte —
Teil 1: Planung
(ISO/TR 11688-1:1995)**

Acoustics —
Recommended practice for the design of low-noise
machinery and equipment —
Part 1: Planning
(ISO/TR 11688-1:1995)

Acoustique —
Pratique recommandée pour la conception de machines et
d'équipements à bruit réduit —
Partie 1: Planification
(ISO/TR 11688-1:1995)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. August 2009 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 des CEN 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	5
4 Konstruktionsmethodik und akustische Aspekte	7
5 Entwurfs- und Detailkonstruktion	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Grundlegende Arbeitsschritte	9
5.3 Verminderung der Geräuscentstehung.....	15
5.4 Geräuschübertragung	21
5.5 Geräuschabstrahlung.....	25
6 Untersuchungen am Prototyp	26
6.1 Allgemeines	26
6.2 Ermittlung der Schallquellen	26
6.3 Bewertung der Schallquellen	27
6.4 Veränderungen am Prototyp	27
7 Abschlussprüfung	28
Anhang A Zusammenfassung der Konstruktionsregeln	29
Anhang B Anforderungen für die Konstruktion lärmarmen Maschinen	34
Anhang C Ergebnisbericht	37
Anhang D (informativ) Literaturhinweise	40
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG	41
Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG	42

Vorwort

Der Text von ISO/TR 11688-1:1995 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 43 „Acoustics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11688-1:2009 durch das Technische Komitee CEN/TC 211 „Akustik“ übernommen, dessen Sekretariat von DS gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2010 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 11688-1:1998.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen von EG-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien siehe informative Anhänge ZA und ZB, die Bestandteil dieses Dokuments sind.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/TR 11688-1:1995 wurde vom CEN als EN ISO 11688-1:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Mit diesem Internationalen Fachbericht wird eine Leitlinie für die Konstruktion lärmarmen Maschinen zur Verfügung gestellt. Die Mehrzahl der veröffentlichten Internationalen Normen, die im ISO/TC 43/SC 1 erarbeitet wurden, beschreiben Verfahren für die Messung und/oder Bewertung von Geräuschen. Das Ziel dieses Internationalen Fachberichtes ist jedoch die Lärminderung an vorhandenen Maschinen und in der Konstruktionsphase.

Es ist wichtig, dass sich Ingenieure, die nicht über ein akustisches Spezialwissen verfügen, mit der Lärminderungspraxis beschäftigen. Für diese Ingenieure ist es bedeutsam, über ein Grundwissen zur Geräuschenstehung und zum Ausbreitungsverhalten zu verfügen, um die grundlegenden Verfahren von Lärminderungsmaßnahmen zu verstehen. Somit stellt dieser Internationale Fachbericht eine Einführung in die akustischen Grundbegriffe dar und kann als Grundlage für die weitere Aneignung von Wissen auf dem Gebiet der Lärminderung dienen.

Es ist erforderlich, die Verbreitung der hier angegebenen Konstruktionsregeln auf dem Wege der Normung zu unterstützen.

Diese Überlegungen haben zur Ausarbeitung von Internationalen Fachberichten auf dem Gebiet der Lärminderung geführt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Internationale Fachbericht unterstützt das Verständnis der Grundlagen der Lärminderung bei Maschinen und Anlagen.

Die hier vorgestellten Richtlinien sollen den Konstrukteur in allen Konstruktionsphasen bei der Lärminderung am Endprodukt unterstützen. Das methodische Vorgehen bei der Produktentwicklung wurde als Grundlage für die Strukturierung dieses Dokumentes gewählt (siehe Abschnitt 4).

Die Zusammenstellung der Konstruktionsregeln, die in diesem Internationalen Fachbericht angegeben werden, erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Andere technische Maßnahmen zur konstruktiven Lärminderung können eingesetzt werden, wenn sie die gleiche oder eine bessere Wirksamkeit aufweisen.

Zur Lösung von Problemen, die über den Anwendungsbereich dieses Internationalen Fachberichtes hinausgehen, kann sich der Konstrukteur auf die im Anhang D zusammengestellte Literatur stützen, die einen allgemeinen Überblick der akustischen Literatur zum Zeitpunkt der Veröffentlichung gibt. Außerdem wird auf zahlreiche technische Veröffentlichungen hingewiesen, die sich mit akustischen Problemen beschäftigen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3744:1994, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane*

ISO 3746, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Survey method employing an enveloping measurement surface over a reflecting plane*

ISO 4871, *Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment*

ISO 9611, *Acoustics — Characterization of sources of structure-borne sound with respect to airborne sound radiation of connected structures — Measurement of velocity at the contact points of machinery when resiliently mounted*

ISO 9614-1:1994, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 1: Measurement at discrete points*

ISO 9614-2, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 2: Measurement by scanning*

ISO 11200, *Acoustics — Noise emitted by machinery and equipment — Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at the work station and at other specified positions*

ISO 11689, *Acoustics — Systematic collection and comparison of noise emission values for machinery and equipment*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Internationalen Fachberichtes gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Luft-, Flüssigkeits- und Körperschall

Schall, der sich jeweils in Luft, einer Flüssigkeit oder einer festen Struktur ausbreitet

3.2

Geräuscherzeugende Komponenten

Maschinenkomponenten, die Schall erzeugen. In vielen Fällen sind dies Aggregate, in denen Energie umgewandelt wird, die mechanische Arbeit aus den Energiequellen wie z. B. elektrischer, mechanischer oder magnetischer Energie, hydraulischem Druck, inneren Kräften oder aus Reibung erzeugen. Andere „Geräuscherzeuger“ können Gebiete instationärer Strömung oder Kontaktflächen zwischen sich bewegenden Teilen sein

3.3

Geräuschübertragende Komponenten

diese Komponenten übertragen Lärm, Schall, der von den geräuscherzeugenden Komponenten erzeugt wird. Sie enthalten keine Schallquellen, aber sie können als dominierende Schallstrahler fungieren. Typische geräuschübertragende Komponenten sind Teile der Maschinenstruktur und Verkleidungsbleche

3.4

Periodisches Geräusch

Geräusch, das sich periodisch wiederholt. Typische Quellen für periodische Geräusche sind Getriebe oder Kolbenmaschinen. Charakteristisch für periodische Geräusche ist, dass sie ein Linienspektrum aufweisen.

3.5

Tonales Geräusch

Geräusch, das durch einen oder mehrere klar unterscheidbare Töne bestimmt wird.

3.6

Breitbandiges Geräusch

Geräusch, das entweder durch einzelne Stöße entsteht, z. B. kurze Druckimpulse oder mechanische Stöße, oder das durch Turbulenzen in einer Luft- oder Flüssigkeitsströmung hervorgerufen wird. Kennzeichnend für breitbandige Geräusche ist, dass die Frequenzanalyse ein kontinuierliches Spektrum über einen weiten Frequenzbereich zeigt

3.7

Kraftanregung

die Anregungskraft ist unabhängig von den Eigenschaften der angeregten Struktur; ein Beispiel hierfür ist die Einwirkung einer leichten, beweglichen Quelle auf eine relativ steife und schwere Struktur

3.8

Geschwindigkeitsanregung

die Anregungsgeschwindigkeit ist unabhängig von den Eigenschaften der angeregten Struktur; ein Beispiel hierfür ist eine leichte bewegliche Struktur, die von einer relativ schweren Quelle angeregt wird

3.9

Quasistatisches Verhalten

Übertragungseigenschaften der Maschine bei Frequenzen unterhalb der niedrigsten Eigenfrequenz

3.10

Resonanzverhalten

Übertragungseigenschaften im Bereich diskreter Eigenfrequenzen

3.11

Verhalten bei hoher Eigenfrequenzdichte

Übertragungseigenschaften im Frequenzbereich zahlreicher Eigenfrequenzen

Konstruktionsprozess

Lärminderung

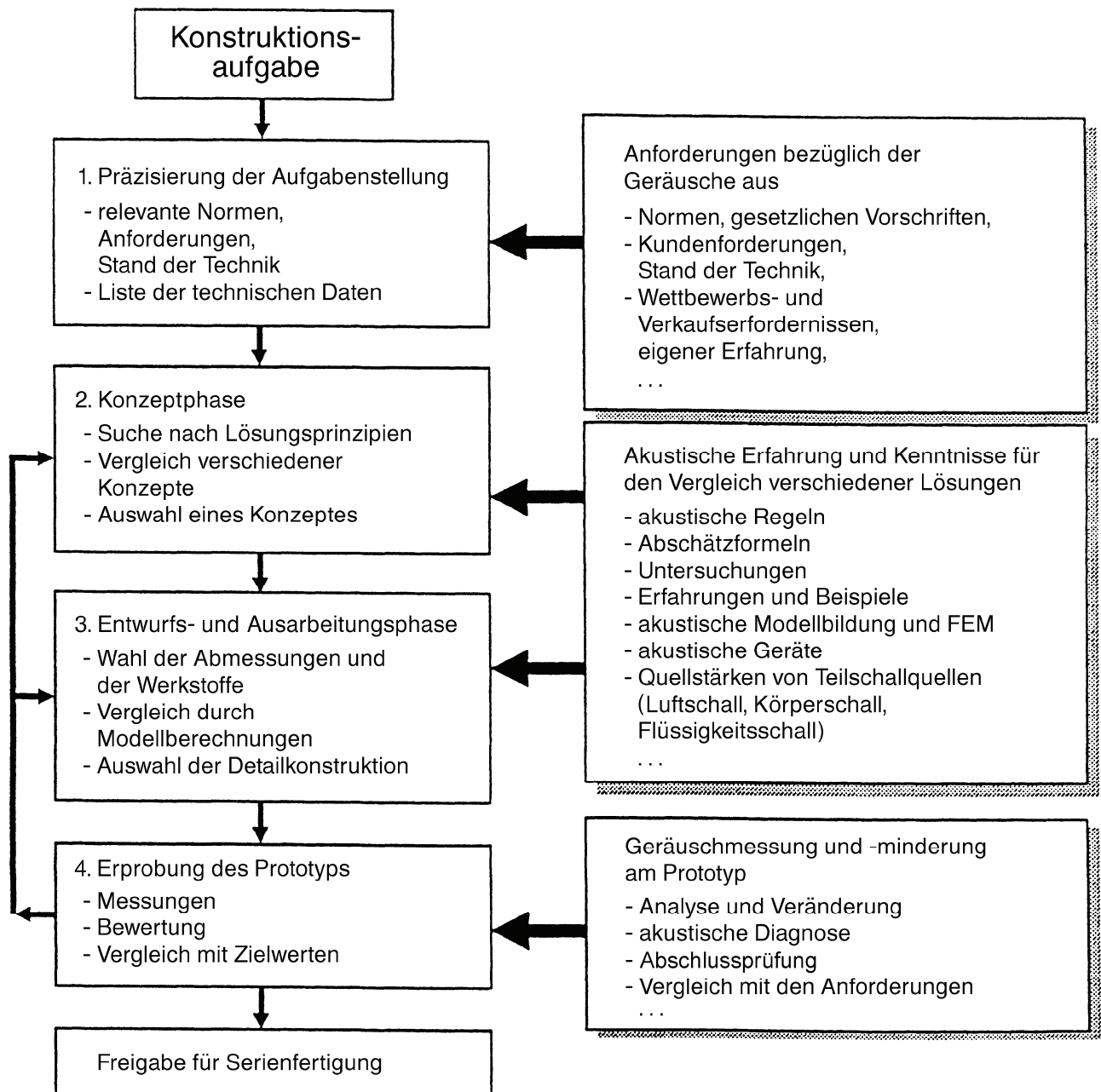


Bild 1 — Die Phasen des Konstruktionsprozesses; Unterstützung der konstruktiven Entwicklung durch Lärminderungsverfahren

4 Konstruktionsmethodik und akustische Aspekte

Die Konstruktionsmethodik ist ein operatives Konzept, das Informationen aus zahlreichen Disziplinen, z. B. der Maschinenakustik nutzt. Auf dieser Grundlage ist es möglich, Konstruktionsziele zu erreichen und Entscheidungen während der Konstruktion und Entwicklung zu treffen.

Der Konstruktionsprozess kann in die vier (unten aufgezählten) Phasen unterteilt werden, die eine zunehmende Spezifizierung beinhalten (siehe Bild 1). Der Zuwachs an Information von Stufe zu Stufe ermöglicht es, alternative Lösungen nach spezifischen Konstruktionsanforderungen, wie z. B. nach geringem Schallpegel, herauszufinden.

Die Stufen der systematischen Konstruktion sind:

1. Klärung der Aufgabenstellung: Es wird eine Anforderungsliste aufgestellt, die den gesamten Konstruktionsprozess regelt. In diese Liste werden auch Anforderungen bezüglich des Geräusches aufgenommen, die sich aus Gesetzen, dem Stand der Technik, dem Wettbewerb, Kundenforderungen oder der Bewertung des Maschinengeräusches als Verkaufsargument ergeben (siehe Anhang B).

2. Konzeptphase: Diese Phase des Konstruktionsprozesses konzentriert sich im Wesentlichen auf die Hauptfunktionen. Da in dieser Phase üblicherweise nur wenige Informationen über das Endprodukt zur Verfügung stehen, wird das Geräuschverhalten meistens durch einen Vergleich mit bestehenden Produkten abgeschätzt.

3. Entwurfs- und Ausarbeitungsphase: Mit fortschreitender Konstruktion und der Auswahl der einzelnen Aggregate können quantitative Abschätzungen des Geräuschverhaltens durch die Auswahl von Konstruktionsvarianten gemacht werden.

4. Messungen am Prototyp: Messungen am Prototyp gestatten eine quantitative Abschätzung der wichtigsten Schallquellen und Übertragungswege. Daraus können spezifische Maßnahmen abgeleitet werden, die zu Konstruktionsänderungen führen. Die Erfüllung der gestellten Anforderungen kann durch Messungen bestätigt werden.

Das folgende Verfahren kann in jeder der beschriebenen Konstruktionsphasen angewendet werden. Für die Methodik ist es entscheidend, die dominierenden Geräuschprobleme in einer möglichst frühen Konstruktionsphase zu eliminieren:

- Der erste Schritt ist die Bestimmung der wichtigsten Schallquellen der Maschine und die Aufstellung einer Rangfolge (siehe 5.2).
- Nach Feststellung der wichtigsten Schallquellen muss eine detailliertere Analyse der Geräuscentstehungsmechanismen vorgenommen werden (siehe 5.3).
- Der nächste Schritt ist die Analyse und Beschreibung der direkten Geräuschabstrahlung von den Quellen zu den Empfangspunkten und eine Analyse der Schallübertragung durch die Struktur zu den abstrahlenden Flächen (siehe 5.4).
- Der letzte Schritt ist die Untersuchung der Abstrahlung von diesen Flächen und die Bestimmung der unterschiedlichen Anteile am Schalldruckpegel am Empfangspunkt.
- Bestimmung der optimalen Kombination von Lärminderungsmaßnahmen.

Bei der Konstruktion lärmarmen Maschinen sollte stets versucht werden, mit Hilfe der Wirkungskette der Geräuscentstehung (siehe Bild 2) die vorkommenden akustischen Grundmechanismen zu bestimmen.

Sämtliche Konstruktionsprozesse besitzen eine Rückführung. In jeder Phase muss eine Entscheidung getroffen werden, ob zur nächsten Stufe übergegangen werden kann oder ob der vorhergehende Schritt wiederholt werden muss.

In Bild 3 ist dargestellt, wie verschiedenartig die Geräuschmechanismen miteinander verbunden sind. Höchste Priorität bei der Lärminderung hat die Identifizierung der Quelle. Im ersten und zweiten Ring sind unterschiedliche Schallquellenarten mit Stichworten angegeben, die mit den Überschriften der folgenden Abschnitte korrespondieren.

Wenn die Art der Schallquelle feststeht, findet die Übertragung durch das betreffende Medium statt, wie im dritten Ring dargestellt. Letztlich wird der Schall in die freie Umgebung abgestrahlt, oder es wird eine Struktur angeregt. Das Bild zeigt, dass jede Schallquelle ihre charakteristischen Merkmale und ihren spezifischen Übertragungsweg durch die Struktur bis zur Anregung einer abstrahlenden Fläche besitzt. Zur Lärm-minderung an einer Maschine mit vielen unterschiedlichen Schallquellenarten ist es erforderlich, jede Quelle, jeden Übertragungsweg und jede abstrahlende Fläche zu analysieren, um ihre jeweilige Bedeutung bewerten zu können. Im nächsten Abschnitt ist ein Beispiel für eine solche Maschine dargestellt.

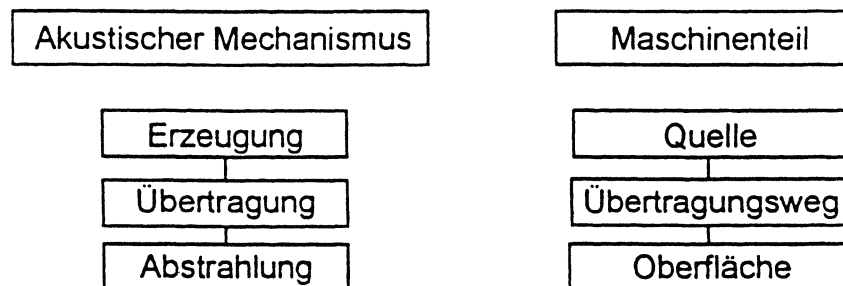


Bild 2 — Wirkungskette der Geräuscentstehung

5 Entwurfs- und Detailkonstruktion

5.1 Allgemeines

Da eine konstruktive Lösung immer die Wahl eines physikalischen Funktionsprinzips und die Gestaltung der ausführenden Elemente beinhaltet, können die folgenden allgemeinen Hinweise für die Wahl des konstruktiven Konzeptes gegeben werden.

- Mit großer Wahrscheinlichkeit wird das Prinzip mit dem geringsten Energieumsatz, den kleinsten Geschwindigkeiten und den kleinsten Beschleunigungen aus akustischer Sicht die beste Lösung darstellen.
- Bei gegebenem Funktionsprinzip kann das Maschinengeräusch durch Variation der Masse, der Steifigkeit und der Dämpfung der Struktur verändert werden. Konstruktionsparameter wie Material, Form, Lage, Anzahl der Elemente, Abmessungen, Ausführung und Art von Verbindungselementen können einen wichtigen Einfluss auf die Geräuschemission haben. Die richtige Wahl dieser Parameter kann die Schwingungen und/oder die Schallabstrahlung der Maschine reduzieren.
- Eine gleichmäßige Strömung von Gasen und Flüssigkeiten erzeugt weniger Geräusch als eine unstetige Strömung.

Das für die Konzeptphase und für die Entwurfskonstruktion im Abschnitt 4 beschriebene und in den folgenden Abschnitten weiterentwickelte Verfahren kann auch für die Diagnose und Lärm-minderungsmaßnahmen angewendet werden. In der Konzeptphase sind nur grobe Abschätzungen, die Anwendung allgemeiner Konstruktionsregeln oder ein Vergleich mit existierenden Lösungen möglich. In der Entwurfsphase können die Ergebnisse detaillierter Berechnungen, Modellbetrachtungen und orientierender Experimente angewendet werden.

5.2 Grundlegende Arbeitsschritte

5.2.1 Akustische Modellbildung und Bildung einer Rangfolge

Das Geräuschverhalten einer Maschine mit verschiedenen Geräuschquellen kann mit Hilfe eines akustischen Modells der Maschine dargestellt werden (siehe Bild 2). Um dieses Modell ausarbeiten zu können, muss der Konstrukteur die Maschine zunächst in geräuscherzeugende und geräuschübertragende Komponenten unterteilen.

Geräuscherzeugende und geräuschübertragende Komponenten können die Eigenschaft besitzen, Luft-, Flüssigkeits- und Körperschall zu erzeugen, zu übertragen und abzustrahlen. Deshalb ist es notwendig, die Komponenten für diese drei Arten des Schalls zu analysieren. Der Zweck der Unterteilung der Geräusche ist die Bestimmung der dominierenden Schallquellen, Schallübertragungswege und schallabstrahlenden Flächen.

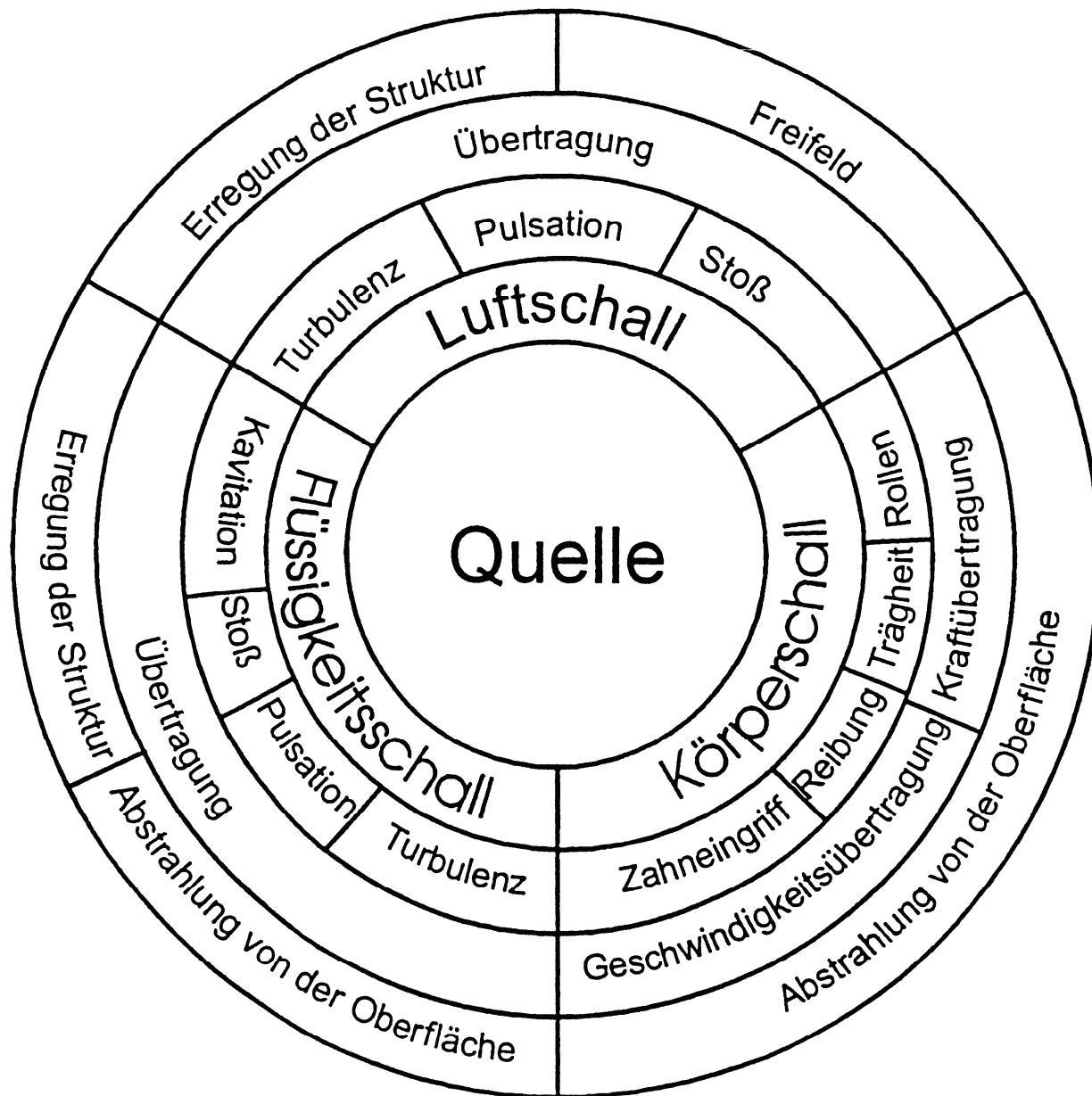


Bild 3 — Grundlegendes Modell der Geräuscherzeugung in Maschinen

Anschließend muss der Konstrukteur analysieren, auf welchen Wegen sich der Schall ausbreiten kann. Körperschall-, Flüssigkeitsschall- und Luftschallausbreitungswege müssen in Betracht gezogen werden. Außerdem muss die Möglichkeit der direkten Abstrahlung von Luftschall von einzelnen geräuscherzeugenden Komponenten berücksichtigt werden.

Zuletzt müssen die schallabstrahlenden Flächen der Maschine ermittelt werden.