

6 Geräuschverhalten

Die Belastung durch Lärm ist zu einem ernst zu nehmenden Problem geworden. Im privaten wie im kommerziellen Bereich steigt die Belastung durch elektromagnetischen und akustischen Smog. Während im vergangenen Jahrzehnt die Strahlungsemission der Geräte sehr stark verringert wurde, ist die Geräuschentwicklung erst in jüngerer Zeit ein stark beachtetes Thema geworden. Die Lärmbelastung in größeren Büros schränkt die Belastbarkeit und Konzentration der dort tätigen Mitarbeiter ein und ist bei andauernder Einwirkung sogar gesundheitsschädlich. Die Elektronik selbst entwickelt kein Geräusch. Buzzer und andere Signalgeber lassen sich abschalten und durch Lichtsignale ersetzen. Festplattenlaufwerke und Lüfter sind zur Funktion der Anlagen (derzeit) noch unersetzbar, entwickeln aber weniger unangenehmen Lärm. Es ist abzusehen, dass der elektromechanische Plattenspeicher (HDD) in nicht allzu ferner Zeit komplett durch Halbleiterspeicher sehr hoher Kapazität ersetzt werden. In vielen Bereichen werden die Festplattenspeicher durch elektronische Speichermedien ersetzt. Auf Lüfter kann jedoch, wie weiter oben erwähnt wurde, kaum verzichtet werden.

6.1 Ursachen der Geräuschentwicklung

Zunächst muss zwischen Luftschall und Körperschall unterschieden werden. Beide Schallereignisse zusammen machen sich in unterschiedlicher Gewichtung bemerkbar und müssen getrennt optimiert werden.

Luftschall ist das Geräusch, das vom Lüfter direkt über die Luft ausgesendet wird und kann auftreten als:

- Rauschen, das durch die Luftverwirbelung an den Propellerflügeln erzeugt wird
- Vibrationen, die der Propeller und das Gehäuse an die Luft abstrahlen
- Lagergeräusch, wie Rollgeräusch von Kugellagern oder Klappern einer Welle im Gleitlager
- Luftschwingungen, die durch zu nahe an Gehäusestegen oder Schutzgitter vorbeibewegende Propellerflügel erzeugt werden (Sireneneffekt)

Die Angaben in den Datenblättern der Lüfter sind in dB(A), das heißt, es wurde eine dem menschlichen Ohr für niedrige Lautstärkepegel angepasste Frequenzbewer-

ung (A-Kurve) vorgenommen und sie beziehen sich ausschließlich auf den Luftschall, wobei der Lüfter im extrem schallarmen Raum auf Gummiseilen aufgehängt, mit 1 oder 0,1 m Abstand zum Mikrofon, gemessen wird. 0 dB ist nicht etwa mit lautlos gleich zu setzen, sondern entspricht einem (äußerst) geringen Schalldruck von $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Leider eignet sich der Luftschall allein kaum für die Abschätzung der Geräuschentwicklung in einem Gerät.

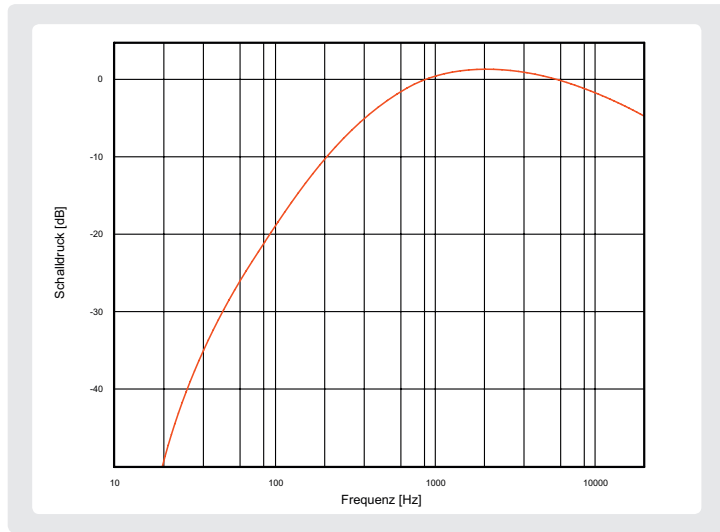


Abb. 21: A-Bewertungskurve

Unter Körperschall versteht man nieder- und mittelfrequente Vibrationen, die im Lüfter durch den Motor, durch das Lager und durch schlechte Wuchtung angeregt werden und die der Lüfter über seinen Rahmen an das Gerätegehäuse leitet, an das er montiert ist. Die Gehäusewand strahlt die Vibrationen wie ein Lautsprecher als Luftschall ab, wobei durch Fläche, Dichte, Material und Steifigkeit der Gehäusewand die Abstrahlenergie in sehr weiten Grenzen schwanken kann. Durch Resonanzen können Körperschallfrequenzen besonders angeregt oder auch gedämpft werden. Somit kann ein im Luftschall besonders leiser Lüfter in einem Gerät sogar lauter sein als ein anderer Lüfter mit schlechteren Daten und umgekehrt.

Die tatsächlich wahrgenommenen Geräusche setzen sich aus Luftschall und Körperschall zusammen. Lüfter und Gerät beeinflussen das Geräusch, sodass eine Geräuschoptimierung schon bei der Konstruktion beider Einheiten vorgenommen werden soll. Das Gehäuse kann bestimmte Körperschallfrequenzen durch Resonanzen

zen verstärken. Ähnlich kann eine Luftsäulenresonanz im Gehäuseinneren zufällig mit einer vom Lüfter über die Luft oder über das Gehäuse abgegebenen Frequenz übereinstimmen und verstärkt werden.

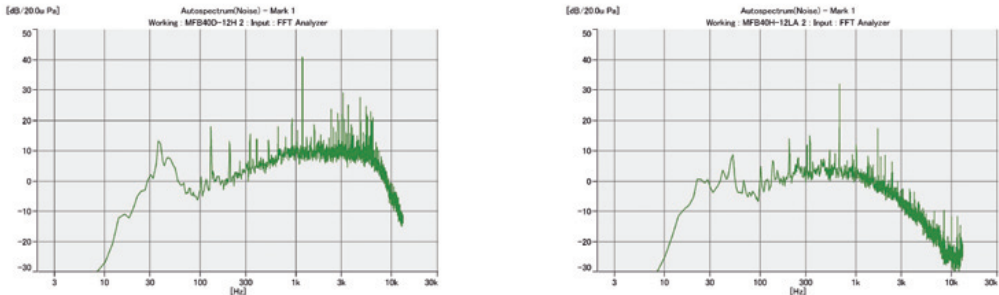


Abb. 22: Geräuschspektrum verschiedener Lüfter

Moderne Lüfterkonstruktionen der letzten Generation sind tatsächlich leiser (Abbildung 22). Eine Verbesserungen der Schaufelgeometrie steigerte auch die Luftleistung. Dadurch ist es möglich, mit niedriger Drehzahl geräuscharm einen ausreichenden Volumenstrom zu erzeugen.

Geräteseitig wirkt die Forderung nach Verkleinerung der Geräuschoptimierung entgegen: Je kleiner die Abmessungen der Lüfter werden, umso höhere Drehzahlen sind notwendig, um die geforderte Luftleistung zu erreichen. Dem verbesserten Wirkungsgrad der elektronischen Komponenten stehen immer höhere Leistungsanforderung (Taktfrequenz der CPU, Speichervolumen, Abgabeleistung von Stromversorgungen oder Steuerungen usw.) sowie immer kompaktere Bauweisen entgegen, sodass die geräuschoptimierte aktive Kühlung immer wichtiger wird.

6.2 Geräuschoptimierung

Bei der Entwicklung eines elektronischen Gerätes muss die Kühlung von Anfang an mit eingeplant werden. Es ist besser, eine überdimensionierte Kühlung nach dem Vorliegen endgültiger Messungen zu verkleinern, als eine unterdimensionierte Kühlung nachträglich unter erheblichen Schwierigkeiten zu verstärken.

Einige Regeln für eine geräuschoptimierte Lüfterauswahl:

- Stets den mechanisch größtmöglichen Lüfter wählen. Je größer der Lüfter, umso niedriger kann seine Drehzahl sein, die zur Erzeugung des erforderlichen Luftstroms benötigt wird.

Fortsetzung Seite 40

- Den Volumenstrom der tatsächlich benötigten Kühlleistung durch Temperatursteuerung anpassen.
- Die Förderleistung eines Lüfters muss immer den ungünstigsten Bedingungen entsprechen. Im Normalbetrieb wird diese Luftleistung kaum benötigt, der Lüfter kann dann langsamer drehen. Bei jedem DC-Standardlüfter kann das mit einer kleinen Zusatzelektronik zu geringen Kosten erreicht werden. Die Drehzahlsteuerung erfolgt bei DC Lüftern einfach über die Betriebsspannung. Die im Datenblatt angegebene untere Spannungsgrenze ist für den sicheren Anlauf erforderlich und muss beim Starten kurzzeitig anliegen. Im Betrieb kann die Spannung ohne weiteres auf 50 Prozent zurückgenommen werden, 5 VDC Lüfter benötigen wenigstens 3,5 VDC Betriebsspannung nach dem Hochlaufen.

Müssen mehrere Lüfter parallel betrieben werden, soll deren Drehzahl nicht gleich sein. Entweder wählt man Lüfter unterschiedlicher Drehzahl oder sieht unterschiedliche Versorgungsspannungen (wenigstens $\pm 5\%$) vor, um Schwebungsresonanzen zu vermeiden.

Moderne Gleitlagerlüfter (HYPRO und MagFix) sind messbar leiser. Aber auch **SEPA**[®] Kugellagerlüfter sind aufgrund ihrer High Grade Lager (höchste Qualitätsstufe) mit eingegengten Toleranzen und speziell polierten Laufrillen besonders laufruhig. Zusätzlich zu dem angenehmen Geräuschverhalten können sie auch mit einer hohen Lebensdauer punkten.

Pulsweitenmodulation (PWM) ist bei entsprechend ausgestatteten Lüftern zu empfehlen. Diese haben einen Steuereingang, mit dem die Motorspulen ein- und ausgeschaltet werden können, während die Kommutierungselektronik permanent mit Spannung versorgt bleibt. Die PWM Frequenz wird meist um 22 Khz gewählt und bleibt unhörbar.

6.3 Montage im Gerät

Die Vorauswahl der akustisch am besten geeigneten Modelle kann eventuell mit der aus anderen Gesichtspunkten (z.B. Zuverlässigkeit, elektrische oder aerodynamische Parameter) kollidieren, insbesondere wenn der favorisierte Lüfter im Gerät doch zu laut ist. Konstruktive Maßnahmen verbessern die Geräuschentwicklung im Gerät:

- Die den Lüfter tragende Wand immer so dick, steif und mit so geringer Fläche wie möglich wählen

- Körperschallankopplung bei der Lüftermontage durch elastische Zwischenelemente (Gummiringe oder -Manschetten) optimieren
- Volumen im Inneren des Gerätes durch Schaumstoffeinlagen optimieren (verkleinern)
- Ansaug- und Ausblasseite des (der) Lüfter(s) strömungstechnisch trennen
- Schutzgitter nie direkt vor dem Lüfter anbringen (Abstand ≥ 10 Prozent Lüfterdurchmesser)
- Kompetente Hilfe bei Planung und Optimierung der Kühllösung hinzuziehen

Mechanisch und akustisch hervorragend und relativ preiswert ist die Montage der Lüfter mittels dämpfender Montagehilfen wie beispielsweise mit kundenspezifisch gefertigten Schaumstoffkörpern. Diese konstruktiv optimierten Teile können sogar Luftkanäle enthalten und so den Luftstrom gezielt auf die kritischen Bauteile leiten. Dadurch kann eventuell ein langsam drehender, leiser Lüfter gewählt werden. Das Einbringen des Formteils und des Lüfters erfolgt einfach durch montage- und demontagefreundliches Stecken. Mit elastisch befestigten Lüftern wird nicht nur der Körperschall wesentlich gedämpft, sondern der Lüfter ist auch besser gegen Stöße geschützt.

Kleine und leichte Lüfter lassen sich mit Gumminieten (EAR440) befestigen, die durch die Montagebohrungen von Lüfter und Gerätewand gezogen werden. Wesentlich stabiler sind elastische Manschetten, die es für Lüftergrößen von 25 mm x 25 mm bis 120 mm gibt (Abb. 23).

Lüfter kleinerer Abmessungen können auch gut mit doppelseitig klebenden Schaumstoffteilen montiert werden.



Abb. 23: Lüftermanschette

Eine einfache und günstige, aber dennoch gute Entkopplung ergibt sich, wenn die Befestigungsschrauben nicht direkt an der Gehäusewand, sondern mit Hilfe von Kabeldurchführungen (Abbildung 24) montiert werden.