



Laute Kisten leiser gemacht Teil 2

Nachdem wir uns im ersten Teil des Beitrags vorwiegend der Beruhigung von lärmenden Netzteil Lüftern gewidmet hatten, geht es dieses Mal schwerpunktmäßig um das professionelle Ruhigstellen von CPU-Kühlern, Festplattenlaufwerken und Gehäusen.

CPUs mit kühlem Kopf

Ein besonderes Kapitel stellen dabei die heute fast obligatorischen CPU-Kühler dar. Bei den Taktfrequenzen moderner CPUs bis zu 350 MHz und dem enormen Integrationsgrad ist eine Kühlung des Prozessors unabdingbar, will man nicht zumindest Performance oder gar den kompletten Prozessor einbüßen. Leider werden diese Lüfter von den Herstellern ebenfalls recht stiefmütterlich behandelt, weshalb auch sie einen nennenswerten Lärmpegel verursachen. Besonders Besitzer von hochtakten Apple-Rechnern der neuesten Generation können hiervon ein Lied singen.

Man könnte meinen, auch hier hilft eine Lüfterregelung. Doch Vorsicht! Die Kühlkörper und die Lüfter sind weitgehend aufeinander abgestimmt, so daß ein Ändern der Wärmebilanz durch einen herabgere-

gelten Lüfter fatale Folgen haben kann. Zudem sind manche dieser Lüfter ohnehin intern temperaturgeregelt und der Fühler an einer optimalen Stelle plaziert.

Das einzige, was dem versierten Hardwaretechniker übrigbleibt, ist der komplette Austausch der Einheit Lüfter/ggf. Kühl-

körper gegen ein laufruhigeres Exemplar. Diese gibt es mit optimierter Drehzahl bei verbesserter Luftführung (Abbildung 3: 5V-Lüfter mit der kaum mehr hörbaren „Lärmentwicklung“ von < 10 dB (A)) oder gleich mit integriertem Temperaturschutz (Abbildung 4). Dieser sorgt bei Ausfall des Lüfters oder bei unnatürlich starker Erwärmung des Prozessors für einen akustischen Alarm, der den Nutzer veranlassen soll, den Rechner auszuschalten und nach der Ursache der übermäßigen Erwärmung zu suchen.

Wir haben die in Abbildung 3 gezeigten „Supersilent“-Lüfter für Pentium getestet. Bereits im Abstand von nur wenigen Zentimetern von der CPU entfernt war buchstäblich nichts mehr zu hören. Erreicht wird dies durch eine patentierte Ausführung der Luftleitung durch den Lüfter. Anbieter ist die norddeutsche Firma „A Conto“.

Enorm wichtig ist bei der nachträglichen Montage oder dem Austausch eines CPU-Lüfters der gute thermische Kontakt zum Prozessor. Deshalb sind mitgelieferte Halteclips und Klammern auch unbedingt einzusetzen!

Auch eine Ergänzung mit einem zusätzlichen Lüfterschutz (Abbildung 5) macht nicht nur an der CPU Sinn. Jeder Lüfter kann so auf seine Funktion überwacht werden. Ein akustisches Signal warnt auch hier vor ausgefallenem Lüfter.

Absolut gewarnt werden muß vor dem Eingriff in Lüfterkonfigurationen von Laserdruckern und Scannern. Moderne Laserdrucker enthalten sowieso eine geregelte Lüftung, die nur bei Aktivität voll einsetzt und die oft nur kurzzeitig betriebenen Scanner brauchen (so sie denn überhaupt einen Lüfter enthalten) den starken Luftstrom für die Kühlung des Systems Leuchtröhre/CCD-Zeile.

Festplatte - Schluß mit Brummen und Pfeifen

Eigentlich die Lärmquelle im Computer ist die Festplatte. Wie gesagt, früher übertragen sich nahezu ausschließlich die Ro-



Bild 3: Der Austausch von lauten CPU-Lüftern gegen leise Exemplare bringt Ruhe an der CPU - im Bild zwei besonders leise Exemplare von „A Conto“, links für Pentium, rechts für Pentium Pro.



Bild 4: CPU-Lüfter mit Temperaturmelder - alarmiert den Benutzer bei drohender Überhitzung der CPU.

spuren geführt. Da durch die Kopfbewegungen mechanische Kräfte gegenüber dem Gehäuse entstehen, bewegt sich dieses nach den Gesetzen der Trägheit ebenfalls mit. Dazu kommen noch Querschleunigungen durch den rotierenden Plattenstapel beim Anlaufen und Abschalten der Platte.

Wer diese Beschleunigungen einmal testen will, kann einmal im wahrsten Sinne des Wortes Hand an seine Platte legen und dann einschalten. Der Ruck in der Platte ist nicht von Pappe.

Alles kein Problem, solange die Platte fest im Gehäuse fixiert ist. Ist sie jedoch beweglich aufgehängt oder gar nicht fixiert, macht auch das Gehäuse jede Bewegung in seinem Innern mit. Logisch, daß dann Interferenzen durch die unterschiedlichen bewegten Massen entstehen. Folge ist, daß der Schreib-/Lese-Kopf die Synchronspur nicht mehr findet bzw. länger nach ihr suchen muß. Die Platte verliert also wertvolle Zugriffszeit, die der Nutzer als lange Dateilade- oder Speicherzeit bemerkt. Bei stark fragmentierten Dateien und einer Platte mit relativ geringem Gehäusegewicht (geringe Massenträgheit) kann es im Extremfall zum „Absturz“ der Platte kommen, da sie nicht mehr in der Lage ist, so schnell wie gefordert die einzelnen Synchronspuren zu finden - die Platte rattert lautstark vor sich hin, das Programm „hängt sich auf“.

Wie also löst man das Problem mit der schwimmenden Aufhängung, ohne daß ein Unglück passiert? Denn die akustisch entkoppelte Aufhängung bleibt trotz aller Widrigkeiten die effektivste Maßnahme zur Lärmbekämpfung. Den ganzen Plattenkäfig schwimmend lagern geht auch nicht, das verlagert nur das Problem, und die schwingenden Massen werden immer größer und unkontrollierbarer.

Die Firma „A Conto“ bietet hier seit einiger Zeit eine solide anmutende Lösung an (Abbildung 6). Dabei wird die Festplat-

tationsschwingungen der Spindelmotoren über den mit der Platte verschraubten Festplattenrahmen, dieser gab das Geräusch an das Gehäuse weiter - es brummte mehr oder weniger stark.

Mit den neuen Festplattengenerationen werden die Platten immer schneller angetrieben. Heute läuft eine normale Festplatte mit 5400 U/min., eine Hochleistungsplatte mit 7200 U/min., und die Tendenz geht weiter nach oben.

Nun gesellt sich zum traditionellen Brummen auch ein unangenehmes, diffuses Pfeifen dazu, das aus hörpsychologischer Sicht noch weit problematischer ist als das Brummen, geht es doch sogar in den Bereich oberhalb des menschlichen Hörvermögens ein. Gerade hier sind wir besonders empfindlich, und nach einiger Einwirkung können die bereits genannten Gesundheits- und Konzentrationsstörungen auftreten.

Gegen das Pfeifen kann man nur das Gesamtgehäuse entsprechend dämmen, so daß die stark gerichteten hohen Frequenzen „geschluckt“ werden. Auch das Umgeben der Platte mit einem stark gedämpften, belüfteten Innengehäuse ist möglich.

Nicht sehr von Erfolg gekrönt und angesichts stetig sinkender Computerpreise kaum preislich durchzusetzen, weil teuer, ist die Aktiv-Lärmkompensation durch gleichartigen, aber phasenverschobenen Gegenschall (siehe „ELVjournal“ 5/95, Mit Lärm gegen den Lärm). Sie löscht das betroffene Frequenzband akustisch aus, ist jedoch bezüglich der Richtwirkung gegenüber Lärmquelle und Lärmempfänger, also dem Bediener, kritisch, ganz anders als bei festem örtlichem Bezug im Auto.

Betreibt man ein SCSI-System mit mehreren Festplatten, so ist bei ordnungsgemäßer SCSI-Verkabelung eine Auslagerung in ein speziell gedämmtes, externes Gehäuse, das zudem noch unter dem Arbeitstisch oder gar in einem verschließbaren Schrank untergebracht werden kann, die erste Wahl. Hier hat man genug Platz und Möglichkeiten, Platten, deren Lüftung und das Dämmmaterial fachgerecht unterzubringen und beste Lärmdämmung zu erreichen. Wie die Lärmdämmung von Gehäusen vorgenommen wird, erfahren Sie im Abschnitt „Lärmendes Blech“.

Es ist in der Tat frappierend, wie ein gut gedämmtes Gehäuse die hohen Frequenzen wegfiltert.

Bleiben die ebenfalls mit hohen Pegeln vertretenen niedrigen Frequenzen im Bereich unter 600 Hz, die ein Mitschwingen (Körperschall) des gesamten umgebenden Gehäuses verursachen. Auch diese Frequenzen lassen sich zwar zum Teil durch eine komplette Gehäusedämmung unterdrücken, aber eben nur zum Teil.

Irgendwann kamen pfiffige Leute drauf: Was bei einer Auto-Auspuffanlage wirkt, muß doch auch hier funktionieren: schwimmende Aufhängung, man müßte Lärmquelle und Umgebung entkoppeln. Fortan experimentierte jeder Interessierte und Mutige mit seiner Festplatte. Man klebte und schraubte Gummipuffer zwischen Platte und Gehäuserahmen, klemmte die Platte, in Schaumgummi gewickelt, in den Rahmen oder legte sie gar lose auf ein Stück Schaumgummi ins Gerät - letztere Lösungen betrafen die Mutigen, die sich einbilden, ihren Rechner sowieso nie zu bewegen und es nach Murphy beim Umzug dann doch vergessen, die lose Platte festzuschrauben - C'est la vie!

Und außerdem haben gerade heute die Festplattenhersteller etwas gegen die schwimmende Aufhängung von Festplatten. Der Schreib-/Lese-Kopf einer Festplatte wird schon lange nicht mehr durch einen Schrittmotor fest definiert von Spur zu Spur bewegt, sondern durch beim Formatieren der Platte aufgebrachte Synchron-

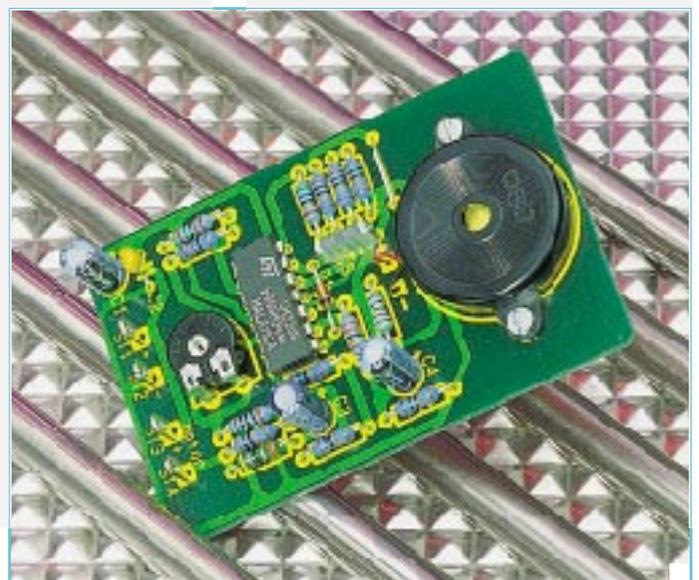


Bild 5: Ein Lüfter schützt überwach die Funktion des Lüfters und gibt einen akustischen Alarm bei Fehlfunktion.



Bild 6: So in einen Spezialrahmen zwischen zwei stabilen Gummibändern eingespannt, werden erfolgreich tieffrequente Schwingungen der Festplatte eliminiert. Ergänzt wird das System bei Bedarf durch einen ebenfalls schwingungsfrei montierten leisen Lüfter.

te sehr fest zwischen zwei stabilen Gummibändern in einem speziellen Plattenrahmen eingespannt, so daß die Längsbewegungen der Platte, wenn überhaupt noch vorhanden (hängt vom Gewicht und mechanischer Ausführung der Platte ab), äußerst gering ausfallen. Die Performance-Verluste liegen im Bereich von ca. 1/10 Millisekunde, ein Wert, den wohl nur Videostudios nicht tolerieren können, aber deren Platten stehen eh im Servergehäuse im Schrank.

Ergänzt wird das System noch durch eingeklebte Gummipuffer, die das Restrisiko eines gerissenen Gummis minimieren sollen und die Platte weich auffangen, sowie bei Bedarf mit einem akustisch ebenfalls entkoppelten Spezial-Lüfter, der mit 7 V läuft.

Hat man mehrere Platten im Gehäuse montiert, kennt man auch das nervende, rhythmische An- und Abschwellen der Laufwerksgeräusche. Dieser Effekt wird durch Interferenzen der Laufwerksgeräusche erzeugt, die sich im Idealfall (siehe Gegenschall) aufheben könnten. Aber dieser tritt faktisch nie ein. Deshalb sind die gummigefederten Rahmen in Gehäusen mit mehreren Platten von besonderem Nutzen - die lästigen Heulgeräusche werden durch akustische Entkopplung einfach eliminiert.

Komplett wird das Ganze jedoch erst richtig durch eine entsprechende Dämpfung des Computergehäuses. Die zusätzliche, wirksame Gehäusedämpfung realisiert die Bekämpfung der störenden hohen Frequenzen.

Lärmendes Blech

Eine nicht unerhebliche Lärmfortpflanzung der durch die eingebauten Laufwerke

hervorgerufenen Schwingungen findet über das Computergehäuse statt. Sowohl die großen Blechflächen als auch die Frontseiten, die fast immer mit Kunststoff-Abdeckungen beplankt sind, leiten den Schall hervorragend durch Körperschall und vielfältige Reflexionen weiter. Dies betrifft sowohl die tieffrequenten als auch die hochfrequenten Geräusche von Festplatten und Wechselmedienlaufwerken.

Deshalb beginnt die Lärmdämmung von Gehäusen schon beim Gehäusekauf. Klapprige, einwandige Gehäuse wird man nachträglich kaum beruhigen können.

Man sollte schon beim Gehäusekauf auf eine stabile Konstruktion achten, die z. B. für einen Tower im Bereich von Frontplatte, Gehäuseoberseite, Gehäuseboden und Motherboardseite doppelwandig ausgeführt ist. Das heißt, daß sich unter der Blech- bzw. (an der Front) Kunststoffabdeckung nicht nur ein leicht verformbarer Blechrahmen befinden sollte, sondern stabile Blechflächen, die nur von den notwendigen Ausschnitten unterbrochen sein sollten. Wie so etwas recht perfekt gelöst wird, macht z. B. Apple vor. Die rauhe Innenseite der Apple-Gehäuse ist nicht etwa Pusch, sondern soll unerwünschte Reflexionen der hohen Frequenzen verhindern.

So ist man in der Lage, zwischen Innenleben und Gehäusebeplankung eine akustische Entkopplung zu schaffen, das Mitschwingen großer, instabiler Blechaußenbeplankungen ist so schon eingeschränkt, wenn auch namentlich die hohen Frequenzen an den glatten Blechen noch vielfach reflektiert werden.

Nun kann man, mit Erfolg auch bei Gehäusen, die nicht den o. g. Konstruktionskriterien entsprechen, die großen schwingenden Flächen schalltot verkleiden. Dies kann in Home made sowohl mit Materiali-

Bild 7: Gut zur individuellen Gehäusedämpfung geeignet - großporiger Schaumstoff und Kfz-Dämmmatten. Besonders genopppter Schaumstoff dämpft hohe Töne wirkungsvoll.



en aus dem Bau- oder Automarkt erfolgen als auch unter Zuhilfenahme professioneller und speziell für diesen Zweck abgestimmter Dämmmaterialien.

Für die erstere Materialauswahl sind nahezu alle großporigen Schaumstoffmatten, insbesondere die genoppten Ausführungen, wie in Abbildung 7 gezeigt, geeignet. Auch die frei zuschneidbaren Dämmmatten aus dem Autoteilezubehörhandel bringen hier passable Ergebnisse.

Die einfachste (Billig-) Lösung ist das sorgfältige Verteilen von selbstklebenden Schaumgummifüßen (Abbildung 8) z. B. zwischen allen dicht beieinanderliegenden großen Flächen, zwischen Kunststoff-Frontblenden und Chassis und am Gehäuseboden zur akustischen Entkopplung gegen den Standplatz. Dies bringt zumindest partiellen Erfolg, um störende Brummschwingungen zu verhindern.

Vor allem auch für externe Gehäuse bieten sich die oben beschriebenen leicht mit entsprechenden Klebern oder gar selbstklebend angebotenen Matten an. Dabei muß man einige Kriterien beachten, um wirklich Erfolg zu haben.



Bild 8: Selbstklebende Schaumgummifüße können überall eingesetzt werden, wo es gilt, akustisch zu entkoppeln und große Resonanzflächen zu beruhigen.

So darf tatsächlich kein „akustisches Loch“ bleiben, durch das der Schall sich dann ungehindert den Weg ins Freie suchen kann. Ausnahmen bleiben hier nur genutzte Laufwerksschächte und Lüfteröffnungen. Im übrigen kann man zusätzlich zum Netzteil vorhandene, vorgefertigte Lüfteröffnungen in einem Big-Tower durchaus zukleben, sofern es nicht notwendig ist, z. B. bei Einsatz mehrerer großer, zwangszukühlender Festplatten, einen Luftstrom auf einem bestimmten Weg durch das Gehäuse zu leiten. Auch bei Apple-Rechnern sind diese Lüftungsöffnungen zu respektieren.

Bei den üblichen absaugenden Netzteil-Lüftern sollten überflüssige Öffnungen in der Rückwand sogar zwingend verschlossen werden, um die Kühlbilanz des Gesamtsystems zu verbessern. Man bedenke



Bild 9: Für die Dämmung der Festplatten Geräusche gibt es einen Spezial-Festplattenrahmen mit 2 Paar Spezialgummiringen und selbstklebende Dämmmatten für die Gehäusedämmung des Computergehäuses.

Umso wichtiger ist dagegen die Dämpfung nach vorn, denn meist sehen wir unseren Computer von dort und sitzen nur wenige Zentimeter entfernt. Hier stören dann bereits geringe höherfrequente Schallwellen, da sie gerichtet unser Gehör erreichen.

Von der akustischen Wirkung eines gedämpften Gehäuseteils kann man sich leicht durch Klopfen auf ein solches Teil überzeugen. Während das ungedämpfte Teil scheppert und schwingt, sollte sich das gedämpfte Teil schalltot verhalten. Es ist der gleiche Effekt wie der Unterschied zwischen einer Oberklasse-PKW-Tür und einer nackten Lieferwagentür. Wie im Fahrzeugbau, spielen auch hier die Abschlüsse der gedämpften Flächen eine entscheidende Rolle. Während im Fahrzeugbau ausgeklügelte Dichtungen für Schalldämpfung sorgen, ist es bei unserem Computergehäuse das sorgfältige Verkleben des Dämmmaterials bis in die letzte Ecke hinein.

Dies gelingt auch hervorragend mit dem bereits erwähnten Dämm-Matten von „A Conto“, denn die Matten sind relativ dünn und seit neuestem auch selbstklebend. Sie sind zudem relativ schwer, was wie im Fahrzeugbau wirkungsvoll die Fortpflanzung des Körperschalls im Blech verhindert.

Überhaupt haben sich diese Matten bei Messungen als hervorragendes Dämmmaterial erwiesen, obschon sie nicht ganz billig sind. Doch immerhin bildet die Kombination mit dem bereits besprochene Festplatten-Dämpfungssystem als Gesamtinstallation eine wirkungsvolle Lärmdämmung.

Wer sich die ganze, immerhin einige Zeit und Akribie beanspruchende Arbeit nicht machen will, kann neuerdings auch komplett gedämmte Gehäuse (Abbildung 10) erwerben, deren Clou die spezielle Frontdämmung einschließlich einer extra Frontklappe für die Dämpfung der CD-ROM-Laufwerksgeräusche ist. Diese ebenfalls von „A Conto“ (<http://www.noisecontrol.de>) angebotenen Gehäuse sind in der Gesamtlautstärke des Computersystems so gut gedämpft, daß Radio hören oder Fernsehen am PC wieder Sinn macht.

Zusätzlich gibt es noch ein sogenanntes Gehäusefundament-Kit, das unter den Rechner geklebt wird und so eine zusätzliche Dämmung gegenüber der Standfläche erreicht wird, indem einfach der akustische Kontakt zwischen Gehäuse und Standfläche unterbrochen wird. Diesen Effekt kann man mit Schaumstoff, Auto-Dämmmatten o. ä. kaum erreichen, denn auf all diesen Materialien, ausgenommen die erwähnten Schaumgummifüße, steht der Rechner nicht sicher.

Hat man seinen Rechner nach all diesen Hinweisen schalldampft, ist wohl endlich Ruhe im Büro - man hört wieder das Klappern von Kaffeetassen... **ELV**

nur einmal den Fehler, der in einer riesigen Kühlluftöffnung direkt neben dem Netzteil steckt. Es wird ein strömungsmäßiger Kurzschluß produziert, der das restliche Gehäuse nicht entlastet, sondern sich die Frischluft auf kürzestem Wege holt. Eine Ausnahme sind Kühlluftöffnungen am Gehäuseboden (eher selten) und unmittelbar in der Nähe des Motherboards (schmale Schlitz in der Rückwand). Sie werden zur Durchströmung benötigt.

Verschließen sollte man jedoch alle ungenutzten Schnittstellenöffnungen. Sie bilden sonst einen idealen Durchgang für die Schallwellen.

Ganz wichtig ist das Dämmen des Frontdeckels vor allem gegen die lästigen hochfrequenten Geräusche von Festplatten.

Der Schall sucht sich auf zwei Arten seinen Weg: während sich tieffrequente Schallwellen ungerichtet nach allen Seiten ausbreiten, werden hochfrequente gerichtet abgestrahlt. Gegen die tieffrequenten Schallwellen hilft vor allem eine akustische Entkopplung des Schwingungsverursachers vom Gehäuse, wie wir sie bei der

Festplattenaufhängung besprochen haben. Gegen hochfrequente Schwingungen hilft die Gehäuseverkleidung, deren Idealfall der schalltote Raum ist. Im übrigen, wer sich jetzt fragt, wo die Schallenergie in der Schalldämmung bleibt - die hohen Frequenzen werden vorwiegend im Dämmmaterial in Wärme umgewandelt (aus wärmetechnischer Sicht handelt es sich dabei lediglich um geringe Energien).

Deshalb ist gerade für die Dämmung der hochfrequenten Schallwellen die schalldichte Verkleidung der Frontplatte wichtig. Jede Laufwerksabdeckung gehört zwingend dazu. Der Idealfall ist eine zusätzliche Laufwerkstür bzw. -klappe, die auch den Störschall des CD-ROM-Laufwerks wirksam dämpft.

Der geringe Teil der schon von der Innenverkleidung der großen Blechteile weitgehend gedämpften höherfrequenten Schallwellen, der noch durch Lüfteröffnungen auf der Gehäuserückseite ins Freie dringt, verliert sich hinter dem Gehäuse, sofern dieses nicht unmittelbar vor einer glatten Fläche steht.



Bild 10: Noise Control-Gehäuse von „A Conto“ - komplett gedämmtes Computergehäuse (auch andere Gehäuseausführungen und Farben verfügbar) mit Spezialtür für das Eliminieren der CD-ROM-Laufwerksgeräusche.