



Entwärmung des Industrie-PCs beeinflusst seine Lebensdauer

## Aktive oder passive Kühlung?

*Neben der Wärmeleitung und der Wärmestrahlung kann die Wärmeströmung zur Kühlung von industriellen PCs und großflächigen Display-Systemen genutzt werden. Generell ist eine aktive Kühlung mit hochwertigen Lüftern einer passiven Entwärmung eines Systems vorzuziehen, da hier die Bauteile thermisch deutlich geringer belastet werden und damit die Lebensdauer der Geräte steigt.*

*Autor: Christian Lang, Leiter Marketing, DSM Computer*

Die Entwärmung eines im Industriefeld eingesetzten Rechners oder Displays spielt eine große Rolle, da die Temperatur im Gehäuse einen direkten Einfluss auf die Lebensdauer des gesamten Systems hat. Deshalb muss in der Praxis von dem erfahrenen IPC-Hersteller unter Berücksichtigung aller Anforderungen für jedes kundenspezifisch entwickelte Gerät ein geeignetes Kühlkonzept erstellt werden. Als Faustregel für alle im Rechner eingesetzten Komponenten gilt, dass eine Verringerung

der Temperatur um 10K in einer Verdopplung der Lebensdauer des Geräts resultiert.

### **Verdoppelung der Lebensdauer**

Das obere Ende der zulässigen Temperaturgrenze wird durch die verbauten Elektronikkomponenten bestimmt, die je nach Spezifikation, bei Dauereinsatz nicht über 55 bis 65°C Innentemperatur betrieben werden sollten. Einzelne Bauteile reagieren wesentlich empfindlicher auf Tempera-

turänderungen als andere. Neben Harddisks sind dies z.B. die Elektrolytkondensatoren des Netzteils oder der Stromversorgung für den Prozessor auf dem Mainboard. Heute werden deshalb in vielen Fällen Industriecomputer mit hochwertigen Elkos aus der Longlife-Familie bestückt. Diese Komponenten sind für mindestens 105°C Betriebstemperatur ausgelegt und zeichnen sich durch eine besonders hohe Lebensdauer aus. Die Wärme in Rechnersystemen kann über die Wärmeleitung, die Wärmestrahlung

$T_u$	Elko mit einer Lebensdauer von	
	2.000h / 85°C	2.000h / 105°C
105°C	- / -	2.000h (0,2 Jahre)
95°C	- / -	4.000h (0,5 Jahre)
85°C	2.000h (0,2 Jahre)	8.000h (0,9 Jahre)
75°C	4.000h (0,5 Jahre)	16.000h (1,8 Jahre)
65°C	8.000h (0,9 Jahre)	32.000h (3,7 Jahre)
55°C	16.000h (1,8 Jahre)	64.000h (7,3 Jahre)
45°C	32.000h (3,7 Jahre)	128.000h (14,6 Jahre)

2 Auswirkung der Temperatur auf die Lebensdauer von Elektrolytkondensatoren

lung und die Wärmeströmung (Konvektion) abgeführt werden. Bei der Kühlung von Geräten werden in der Regel immer alle drei physikalischen Effekte in unterschiedlicher Gewichtung kombiniert.

### Wärmeleitung optimieren

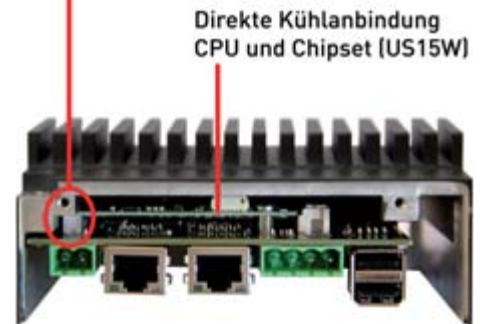
Bei der Wärmeleitung findet unter Einfluss einer Temperaturdifferenz in der Materie ein molekularer Wärmetransport statt. Entsprechend dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik fließt die Wärme immer vom wärmeren zum kälteren Körper. Im thermodynamischen Gleichgewicht haben alle Bestandteile eines Systems die gleiche Temperatur. Grundsätzlich gilt, dass der Wärmewiderstand einen großen Einfluss auf die Entwärmung eines Gerätes hat und von innen nach außen so klein wie möglich sein soll. Die durch den Wärmewiderstand hervorgerufene Temperaturdifferenz ergibt

sich aus der Multiplikation der Summe aller Wärmewiderstandswerte mit dem Wärmestrom  $Q$  in Watt. Bei der Kühlung eines Prozessors addieren sich beispielsweise die Wärmewiderstandswerte des Halbleiters, des Chipgehäuses, der Wärmeleitpaste und des Kühlkörpers (Heatsink) sowie die Übergangswiderstände von einem Stoff auf den anderen bzw. von der Heatsink zur Umgebung. Um bei der Montage eines Kühlkörpers einen Luftspalt zu vermeiden, werden flexible wärmeleitende Materialien zum Ausgleich von Unebenheiten und Toleranzen eingesetzt.

### Wärmestrahlung zu vernachlässigen

Die Wärmestrahlung trägt erfahrungsgemäß nur maximal 20% zur Kühlung von elektronischen Systemen bei. Die Wärme wird durch elektromagnetische Wellen übertragen und nicht durch

### Direkte Kühlanbindung Platine und Heatrail

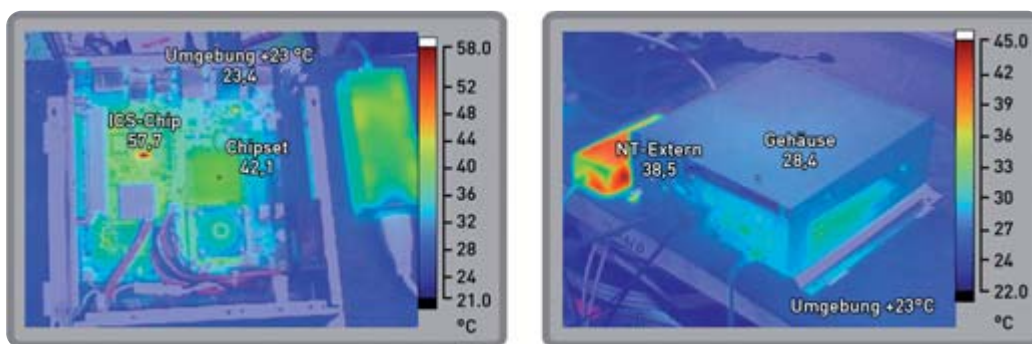


3 Der kompakte Hutschienen-PC H1-A integriert ein 70x70mm kleines Qseven-Modul, das zur Kühlung direkt mit dem Rechnergehäuse verbunden ist.

stoffliche Träger. Die Strahlung ist nur von der Temperatur und der Beschaffenheit der strahlenden Oberfläche abhängig. Ein Körper, der ein großes Absorptionsvermögen hat, strahlt auch viel Wärme ab (Kirchhoffsches Strahlungsgesetz). Die maximal mögliche Wärmestrahlung weist ein 'Schwarzer Strahler' auf. Die Abweichung der Oberflächenbeschaffenheit davon wird durch das Emissionsverhältnis beschrieben, das dem Absorptionsverhältnis entspricht. Für eine Berechnung und Optimierung für die Systemauslegung eignen sich am besten numerische Berechnungsmethoden.

### Wärmeströmung durch Lüfter

Bei der Wärmeströmung (Konvektion) führen Gase oder Flüssigkeiten die Wärme mit sich. Die freie, natürliche Konvektion ist abhängig von der Strömungslänge des Körpers (beispielsweise die Höhe eines



4 Infrarot-Aufnahme des Embedded-Systems NanoServer E4-GM45, der mit einem Lüfter ausgestattet ist.

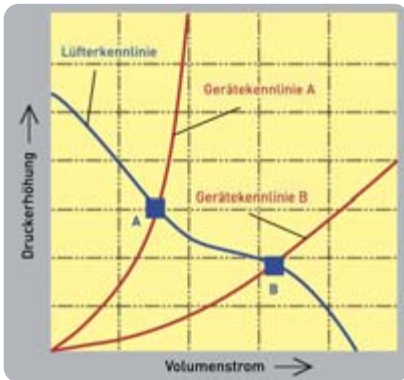
Kühlkörper) und von der Strömungsgeschwindigkeit, die wiederum durch die Temperaturdifferenz erzeugt wird. Eine passive Kühlung durch eine freie Konvektion kennzeichnet den neuen Hut-schienen-PC H1-A von DSM Computer. Der nur 7TE (122mm) breite Industrierechner lässt sich dank seiner standardisierten Montagemöglichkeit einfach in einen Schalt- oder Standardelektroschrank verbauen. Das Herzstück des Rechners ist ein 70x70mm kleines Qseven-Modul, das auf dem Strom sparenden Intel Atom-Prozessor Z510 basiert. Als Chipsatz kommt der Intel US15W SCH System Controller Hub mit integriertem Intel Graphics Media Accelerator GMA 500 zum Einsatz. Zur optimalen Wärmeableitung ist das Qseven-Board direkt über eine Heatrail mit dem Rechnergehäuse verbunden. Auch CPU und System Controller Hub sind direkt an das Aluminiumgehäuse angebunden. Die Kühlrippen sind so angeordnet, dass sie auch im Elektroschrank optimal wirken. Die maximale Systemverlustleistung wird mit unter 10W bei Vollast angegeben. Der Hut-

schienen-PC kommt deshalb ohne Lüfter aus. Neben der freien Konvektion wird in vielen Fällen mit erzwungener Konvektion (aktive Kühlung) gearbeitet. Dabei transportiert ein Gehäuselüfter kühle Umgebungsluft in das Innere des Gehäuses und führt die erwärmte Innenluft nach außen. Als Nebeneffekt vermindert er auch noch den Wärmewiderstand von der Innenluft an das Außengehäuse. Der Einsatz eines Lüfters wirkt sich nicht negativ auf die Lebensdauer eines Systems aus. Heutzutage angebotene Lüfter sind mit einer Lebensdauer von über 80.000 Stunden bei Weitem nicht mehr die schwächste PC-Systemkomponente. Zur aktiven Kühlung ihrer breiten Palette an Industrie-PCs und Embedded-Systemen setzt die DSM unterschiedliche Lüfter ein. Bild 4 zeigt das kompakte Embedded-System NanoServer E4-GM45 mit Lüfter in einer Infrarot-Aufnahme von außen, und von innen gleich nach dem Öffnen des Deckels. Der leistungsfähige Rechner basiert auf dem Prozessor Intel Core 2 Duo P8400 mit zwei CPU-Kernen und einer Thermal Dissi-

pation Power (TDP) von 25W und dem Intel-Chipsatz GM45 mit einer TDP von 12W. Die maximale Verlustleistung des Systems mit allen Komponenten wie Speicher, Harddisk und Netzteil liegt bei ca. 50 bis 55W. Bei der Auswahl des Lüfters ist darauf zu achten, dass er im idealen Bereich der Kennlinie arbeitet (Bild 5). Bei der Geräte-kennlinie B arbeitet der Lüfter in einem deutlich günstigeren Bereich als bei der Kennlinie A. Der Volumenstrom ist dadurch wesentlich höher. Damit die Geräte-kennlinie möglichst flach ist, da dann der Druckverlust gering bleibt, sollten die Ein-/Austrittsöffnungen mindestens das 1,5-fache des Lüfterquerschnitts betragen. Um die Geräusche des Lüfters zu minimieren, dürfen direkt vor der Ansaugöffnung keine scharfen Kanten liegen.

### Heat Pipes zur Wärmeableitung

Um die Wärme von der Wärmequelle direkt an das Gehäuse zu führen, können Heat Pipes eingebaut werden. Heat Pipes bestehen



5 Kennlinie eines Lüfters. Der Arbeitspunkt ist der Schnittpunkt zwischen Lüfter- und Gerätekenlinie.



6 Im Klimaschrank kann die Funktion des Gerätes bei maximalen Temperaturgrenzwerten über einen definierten Zeitraum getestet werden.

aus einem geschlossenen Rohr, in dem auf einer Seite eine Flüssigkeit (z.B. Wasser) verdunstet und am anderen Ende wieder kondensiert. Sie ermöglichen einen sehr effektiven Wärmetransport, der 100- bis 1.000-mal höher ist als bei einem Kupferbauteil gleicher geometrischer Abmessungen. Die Funktion der Heat Pipe hängt nicht nur von der Temperaturdifferenz, des Durchmessers und der Radien, sondern auch von den Einbaubedingungen ab und muss speziell für die jeweilige Anwendung optimiert sein. Darüber hinaus arbeitet die Heat Pipe nur in einem ganz bestimmten Temperaturbereich und ersetzt keinen Kühlkörper.

### Aktiv oder passiv?

Sowohl die aktive als auch die passive Entwärmung eines Systems haben Vorteile, die von Fall zu Fall abgewogen werden müssen: Die Vorteile der passiven Kühlung sind:

- keine bewegten Teile (bei Flash Disks)
- wartungsfrei
- kein (nennenswertes) Ansaugen von Staub in das System
- Vorteile bei IP4x / IP5x-Anforderungen

Für eine aktive Kühlung sprechen:

- die niedrige Temperaturdifferenz durch erzwungenen Luftaustausch
- eine hohe Lebensdauer der verbauten Komponenten
- ein gerichteter Luftstrom, der Hot Spots reduziert
- relativ preiswert

DSM führt eine Temperaturmessung durch, um sicherzustellen, dass alle eingesetzten Bauteile innerhalb ihrer spezifizierten Werte betrieben werden. Die Temperaturbestimmung kann über Ambient- und Oberflächenfühler, mit einer Infrarotkamera oder durch eine geeignete Simulation erfolgen. Darüber hinaus wird das Gerät in einem Temperaturschrank bei maximalen Temperaturgrenzwerten nach unterschiedlichen DIN EN-Normen über einen bestimmten Zeitraum getestet.

### Wärmekonzept für jedes Gerät

Zusammenfassend ist festzustellen, dass für jedes elektronische System ein optimales Kühlkonzept zur Erreichung der geforderten Umgebungstemperaturen wichtig

ist. Da die Temperatur einen direkten Einfluss auf die Fehlerrate hat, lässt sich dadurch die Lebensdauer des PCs und Displays optimieren. Bei gegebenen Einsatzbedingungen verringert sich die Zahl der Ausfälle, die oftmals teure Serviceeinsätze zur Folge haben. Grundsätzlich ist eine aktive Kühlung mit hochwertigen Lüftern der passiven Entwärmung eines Systems vorzuziehen, da hier die Bauteile thermisch deutlich geringer belastet werden. Darüber hinaus ist der Industrie-PC in der Regel preiswerter zu realisieren, da großflächige Kühlkörper, die Anbindung der Kühlkörper an die CPU und den Chipsatz sowie Heat Pipe-Lösungen wesentlich teurer als ein hochwertiger Lüfter sind. Eine passive Kühlung ist sinnvoll bei geringer Prozessorleistung oder sehr harten Umgebungsbedingungen. ■

[www.dsm-computer.de](http://www.dsm-computer.de)