

Entwärmen - warum?

Verlängerte Lebensdauer ist nur ein Argument



200.000 bei 100 %. Hat also ein Gerät einen Leistungsbedarf von 135 W, sollte kein 140-W-Netzteil eingesetzt werden, sondern mindestens eines mit einer Nennleistung von 170 W.

Bedeutung für kompakte Geräte

Dies gilt insbesondere für Industrie-PCs mit PoE, welche die angeschlossene Peripherie über das Ethernet-Kabel mit Strom versorgen (PoE: Power over Ethernet). Hier kann der Hersteller nicht wissen, welche Leistungen das Gesamtsystem schlussendlich brauchen wird. PC-Netzteile liefern beispielsweise bis zu 200 W - während der IPC selbst kaum 30 W benötigt. Nur hohe Wirkungsgrade über einen breiten Leistungsbereich ermöglichen die Konstruktion eines leistungsfähigen, dauerlast-geeigneten Bildbearbeitungsrechners, der ohne jeglichen Lüfter auskommt.

In Maschinen für die Chipfertigung, wie etwa bei den Bondern Series 56i von F&S Bondtec, sind Lüfter verboten
© F&S Bondtec

Elektronikbaugruppen sind temperaturempfindlich: 10 °C mehr halbieren die Lebensdauer, lautet eine gängige Faustregel. Die Gründe sind vielfältig. Ob chemische Reaktionen in Elektrolytkondensatoren oder thermischer Stress von Bondverbindungen in Halbleiterbauelementen - in Summe führt Hitze zum vorzeitigen Ausfall. Eine optimale Entwärmung sorgt also dafür, dass so wenig (Verlust-)Wärme wie möglich entsteht - und zweitens die unvermeidbare Erwärmung so gut wie möglich abgeführt wird.

90% oder 98% Wirkungsgrad?

„Ein Wirkungsgrad im Netzteil von 90 % ist doch gut; ob 92 % oder 95 % spielt keine große Rolle“ - von wegen. Die Differenz zu den 100 % ist im Wesentlichen Abwärme. Bei 90 % Wirkungsgrad sind es also 10 % Abwärme, bei 98 % sind es nur noch 2%. Das heißt im umgekehrten: 96,5 % Wirkungsgrad bedeuten $\frac{1}{2}$ der Abwärme von 90 % und die Hälfte der Abwärme von 93 %. In einem kleinen, geschlossenen Gerät, das rund um die Uhr läuft, ist es ein gewaltiger Unterschied, ob das Netzteil permanent 20 W Wärme einträgt - oder nur 7 W (Bild 2).

Nennlast und Teillast

Im Nennbetrieb erreichen Standard-Netzteile meist hohe (Datenblatt-)Wirkungsgrade, die für die Praxis nur eine bedingte Aussagekraft haben. Denn: Die nachgeschaltete Elektronik läuft in aller Regel die meiste Zeit in Teillast - und da kommen viele Standard-Lösungen nicht über 85 % Wirkungsgrad hinaus. Die Konsequenz: Das Netzteil verursacht im Regelbetrieb mehr Abwärme,

als unter Volllast. Deshalb ist es wichtig, auf moderne Netzteil-Konzepte zu achten. Diese gewährleisten einen hohen Wirkungsgrad über einen breiten Leistungsbe- reich (Bild 3).

Überdimensionieren macht trotzdem Sinn

Wird Elektronik permanent an ihrer Leistungsgrenze betrieben, wird es technisch schwierig, die Abwärme aus den Chips zu bekommen. Entsprechend gibt etwa Elec-Con eine MTBF von 300.000 Stunden bei 80 % Last an - und von

Derating beachten

Häufig können Netzteile bei höheren Umgebungstemperaturen ihre volle Nennleistung nur dann erbringen, wenn sie zusätzlich gekühlt werden. Dazu ein Beispiel: Ein Netzteil arbeitet bis 55 °C ohne zusätzlichen Kühlkörper; darüber setzt ein Derating von 2,6 W/K ein. Soll das Gesamtgerät für einen Einsatz bei +60 °C ausgelegt werden, stehen ohne Zusatzkühlung rechnerisch $140 - ((60-55) \cdot 2,6 \text{ W}) = 127 \text{ W}$ zur Versorgung der Geräteelektronik zur Verfügung.



Autor:
Tom Weber,
Technischer Redakteur

EFCO Electronics GmbH
<https://efcotec.com>

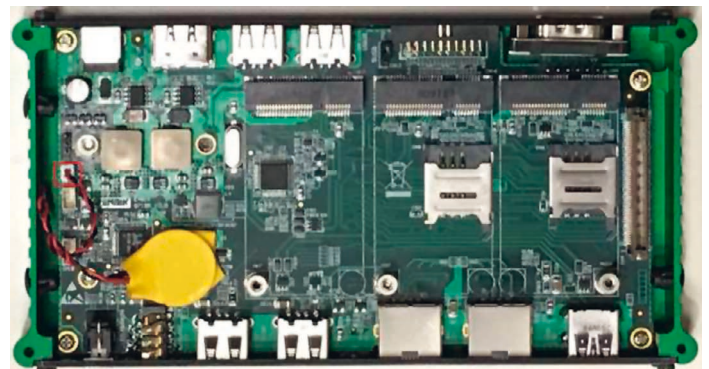


Bild 2: Der Industrie-PC Smart SL ist so groß wie ein Taschenbuch, bietet aber trotzdem einen mSATA-Schacht sowie zwei mini-PCIe-Slots mit USIM © EFCO

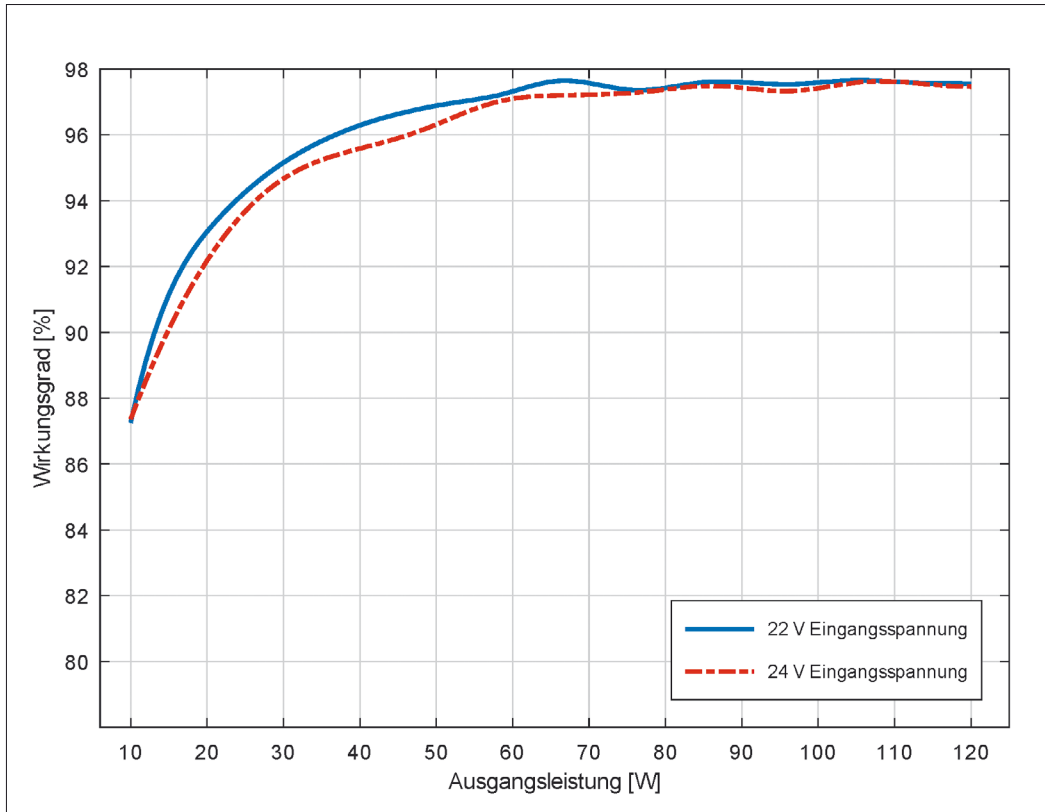


Bild 3: Verlauf des Wirkungsgrads eines digital geregelten diPSU-Wandlers von Elec-Con über die abgegebene Leistung © Elec-Con

Ein Netzteil liefert 250 W Leistung bis 40 °C Umgebungstemperatur. Darüber setzt ein Dering von 2,5%/K ein. Bei der gleichen Aufgabenstellung wie oben kann das Netzteil also mit 250-((60-40)*2,5 %) = 125 W belastet werden.

Benötigt das Gerät z. B. 135 W, muss die Abwärme des Netzteils

gezielt abgeführt werden. Die meist einfachste Möglichkeit ist, das Netzteil mittels eines Wärmeleitkissens am Gehäuse zu montieren. Je höher die Wärmeleitfähigkeit des Gehäusematerials, desto wirkungsvoller ist das. Entsprechend haben die IndustriepCs von EFCO alle ein Gehäuse aus Aluminium.

VA-Gehäuse erfordern mehr Nachdenken

In Applikationen mit erhöhten Hygiene-Anforderungen ist Edelstahl das Gehäusematerial der Wahl - und zudem meist hermetisch geschlossen. VA ist ein vergleichsweise schlechter Wärmeleiter. Die Abwärme gezielt aus dem Gehäuse zu bekommen ist also

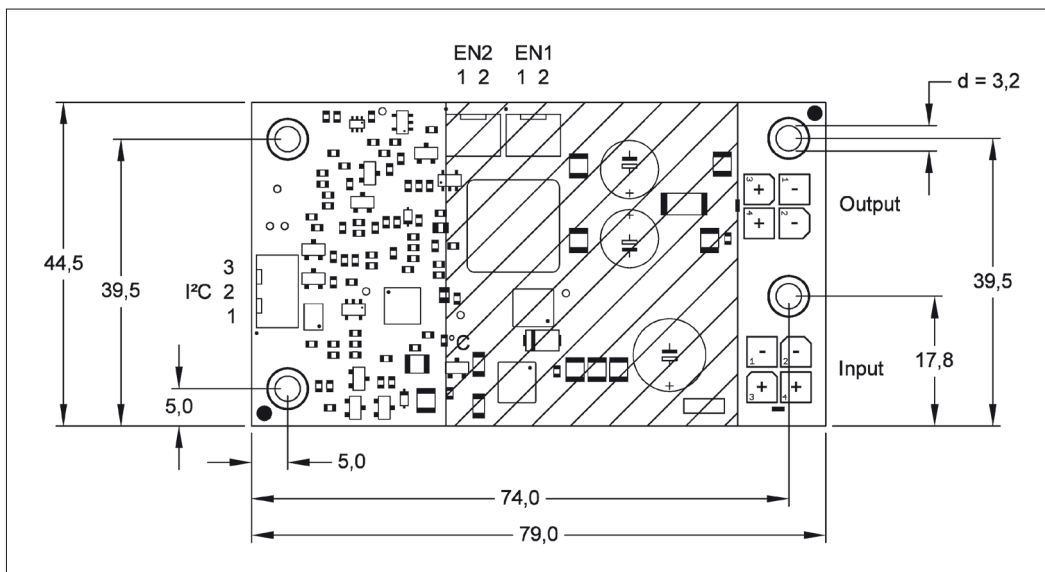


Bild 4: Maßzeichnung eines diPSU-Wandlers. Der schraffierte Bereich kennzeichnet die Fläche, welche bei höheren Umgebungstemperaturen per Wärmeleitkissen an einen Kühlkörper angebunden werden sollte © Elec-Con

alles andere als trivial. Eine Idee könnte ein Lüfter im Inneren sein, der die Abwärme verwirbelt und dafür sorgt, dass im Prinzip das ganze Gehäuse als Wärmesenke dient. Gegebenenfalls ist auch ein Halbeinbau eine probate Lösung.

Hotspots erkennen

Platinen erwärmen sich nicht gleichmäßig; meist entsteht die Verlustleistung punktuell in bestimmten Bauteilen, etwa Schalt-Transistoren, Prozessoren oder Induktivitäten. Diese Bauteile - oder bestimmte Regionen einer Platine - lassen sich gut mit Wärmeleitpads an Kühlkörper oder Heatpipes anbinden. Die Hersteller geben in aller Regel in ihren Datenblättern an, in welchen Bereichen sich die Platine am meisten erwärmt, und wo damit eine thermische Anbindung an eine externe Kühllösung besonders sinnvoll ist (Bild 4).

Heatpipe

Eine Heatpipe funktioniert ähnlich wie ein Kühlschrank, nur ohne Kompressor: An der heißen Seite verdampft ein Wärmeträger und nimmt so die Abwärme auf. Auf der kalten Seite - also z. B. am Kühlkörper - kondensiert das Gas. Dadurch verringert es sein Volumen, weiteres heißes Gas kann nachströmen. Der Wärmeträger wird wieder in die heiße Zone zurückgedrückt. Wichtig dabei: Die kalte Seite muss die Wärme aufnehmen bzw. an die Umgebung abgeben können. EFCO beispielsweise verfügt über tiefes Heatpipe-Knowhow.

Natürliche Konvektion nutzen

Warme Luft steigt nach oben. Entsprechend sollten Kühlkörper so angeordnet sein, dass die Luft auf ihrem Weg nach oben an ihnen entlang streichen kann. Das bedeutet zweierlei: Zum einen, dass die temperaturempfindlichen Baugruppen nach unten gehören, zum anderen, aber leider auch dass es oben im Gerät zum Wärmestau kommen kann. Dagegen hilft die Oberfläche des Gehäuses durch „Kühlrippen“ zu vergrößern. In Verbindung mit einem Aluminium-Gehäuse gelingt es so, leistungsfähige Industrierechner zu bauen, welche bis +70 °C Umgebungstemperatur rund um die Uhr ohne Lüfter eingesetzt werden



Bild 5: Bei lüfterlosen IPCs steckt viel Engineering in optimalen Wirkungsgraden und effizienter Entwärmung © EFCO

können. Ein Beispiel dafür ist der EFCO Smart SL, welcher etwa als On-premise gehostete Kommunikationsanlage in Arztpraxen und kleineren Unternehmen eingesetzt wird.

Zwangskühlung

Wenn Kühlrippen und Konvektion nicht mehr ausreichen, kommt „forcierte Kühlung“ zum Einsatz - also einer oder mehrere Lüfter. Doch diese machen nicht nur akustisch und durch Vibrationen auf ihre Arbeit aufmerksam. Im industriellen Umfeld kann der aufgewirbelte Staub zudem leitfähig sein, oder abrasiv und damit die Lager des Lüfters auf Dauer zerstören. Einfache Filtermatten bieten Abhilfe, verringern aber den Luftdurchsatz. Wurde das nicht von Anfang an berücksichtigt, wird der Lüfter laut, weil er entsprechend schneller drehen muss, um genügend Luft durch das Gerät zu bewegen.

Tipp: Bei Zwangskühlung immer prüfen, ob sich statt eines Lüfters mehrere verwenden lassen, die dann insgesamt langsamer drehen. Das

kann akustische Vorteile haben - und vor allem ist es besser für die Ausfallsicherheit.

Sinnvoll kombinieren

Wenn schon zwangsgeführte Konvektion (eine schöne Umschreibung für Lüfter) eingesetzt werden muss, sollten Kühlkörper in den Luftstrom gelegt werden, ggf. unter Verwendung von Luftleitblechen oder Luftkanälen. Auch die Kombination von Heatpipe und Lüfter kann sinnvoll sein, etwa um die konzentrierte hohe Abwärme eines Hochleistungs-Grafikchips gezielt abzuführen, damit das Mainboard nicht „gekocht“ wird. Diesen „Trick“ nutzt etwa der AIHD von EFCO.

Elektrisch kühlen

In zahlreichen Applikationen wie in der Lebensmittelindustrie oder in der Medizintechnik scheiden Lüfter aus prinzipiellen Überlegungen aus, weil sie einer regelmäßigen Reinigung / Desinfektion buchstäblich im Wege stehen. Hier können Peltier-Elemente helfen. Sie erzeugen

geräuschlos und ohne Vibrationen rein aus Strom Kälte oder Wärme. Ein weiterer Vorteil: sie arbeiten ohne Medien und können daher in beliebigen Einbaulagen betrieben werden. Zwar ist der Wirkungsgrad beschränkt und das Material teuer - aber sie sind eine der wenigen praxistauglichen Lösungen, um hermetisch dichte Geräte sinnvoll zu erwärmen oder empfindliche Sensorelektronik auf konstanter Temperatur zu halten.

Tipp: Werden größere Peltier-Elemente stetig unter Vollast hart ein- und ausgeschaltet, führt die Wärmeausdehnung zu mechanischem Stress, der bis zum Frühausfall führen kann.

Kühlschrank im Schaltschrank

Ist die Einbaulage stabil und die Verlustwärme groß, können auch Kompressor-Kühlgeräte, wie beim heimischen Kühlschrank, sinnvoll eingesetzt werden. Probleme bereiten auch hier Geräusche, Vibrationen und/oder chemische Medien.

Saubere Trennung zwischen drinnen und draußen

Sowohl Peltier- als auch Kompressor-Kühlgeräte erlauben den sogenannten „Halbeinbau“. Das bedeutet, dass die Atmosphäre im Inneren des Geräts vollständig von der Umgebungsluft getrennt bleibt. Die Kälte wird auf der Innenseite im Gerät erzeugt; die entsprechende Wärme auf der Außenseite. Der Wärmetransport durch das Gehäuse erfolgt entweder durch simplen Kontakt (Peltier), oder durch das Kältemittel. Auf der Außenseite (Umgebungsluft) lässt sich dann eine relativ einfache Zwangskühlung realisieren, die zudem wartbar ist, ohne das Gerät öffnen zu müssen.

Zusammenfassung / Tipps und Tricks

- Achten Sie auf einen hohen Wirkungsgrad der Wandler in der Stromversorgung. So lassen sich oft 10...15 % der Verlustwärme ohne Entwicklungsaufwand beseitigen.
- Eliminieren Sie einfache Stecker-Netzteile; deren Wirkungsgrad ist meist deutlich unter 90 %; zudem sind sie typische Schwachstellen für Geräteausfälle.
- Viele IPCs, darunter alle Serien von EFCO, haben ein hocheffizientes Netzteil mit Weitbereichseingang. Dieses kommt mit Spannungsschwankungen meist besser zurecht, als die peripheren Geräte.
- Nutzen Sie daher PoE zur Versorgung der Peripherie, oder galvanisch getrennte, externe PoE-Wandler, wie den DC2454-110 ISO von Elec-Con.
- Beachten Sie bei PoE die Leistungsgrenze der verwendeten Schnittstelle (bei EFCO z. B. meist IEEE 802.3at und damit 25,5 W pro Port; maximal 200 W Summenleistung für das Gesamtgerät).
- Spannungsstabilisatoren bzw. Buck-Boost-Wandler helfen bei stark schwankenden Versorgungen - oder wenn die Elektronik aus ganz unterschiedlichen Quellen versorgt werden soll (z. B. LKW und PKW). Achten sie dabei auf ein schnelles, nahtloses Umschalten, wenn die Eingangsspannung im Bereich der Ausgangsspannung schwankt.
- Nutzen Sie bei komplexen Fragestellungen (z. B. mehrere Wärmequellen, Reihenaufstellung von Schaltschränken) kostenlose Berechnungstools wie etwa unter <https://lm-therm.de/service/berechnungstool/>, um zu einer ersten Abschätzung zu gelangen. ◀

Eskalationsstufen bei der Entwärmung

lüfterlos (Wärmeableitung und natürliche Konvektion)	die günstigste, einfachste, ruhigste und umweltfreundlichste Lösung
Heatpipe	ideal zum Entwärmen von Hotspots, z. B. Endstufen
Peltier	wenn Abwärme aktiv „vernichtet“ werden muss; sinnvoll ab 30 bis ca. 500 W
Zwangskühlung (Lüfter)	Grundsätzlich wirkungsvoll und häufig gewählt - verursacht aber Geräusche, Vibrationen und Luftbewegung. Hilft bei geschlossenen Geräten die Abwärme zu verwirbeln und zu verteilen. Benötigt aber in aller Regel unerwünschte Öffnungen im Gerät für den Luftaustausch
Klimagerät	Mit allen Vor- und Nachteilen eines Kühlschranks. Sinnvoll ab ca. 350 W Abwärme
Halbeinbau	Atmosphärische Trennung zwischen Innen und Außen. Fast für alle industriellen Anwendungen geeignet; in aller Regel die teuerste Lösung.