

Tipps zum Temperaturmanagement von AC/DC-Netzteilen

Optimale Kühlung von Stromversorgungen



(Bild: Mean Well und stock.adobe.com)

Kontaktkühlung oder doch der Einsatz eines klassischen Lüfters zur Entwärmung von Netzteilen? Die Auswahl unter der verschiedenen Möglichkeiten zur Kühlung von Stromversorgungen ist auch abhängig von den jeweiligen Einsatzbedingungen. Von Frank Stocker

Hersteller von Stromversorgungen verfolgen bei ihren Entwicklungen immer die bestmögliche Effizienz, das bedeutet geringe Verlustleistung und somit niedrige Wärmeentwicklung. Weil die Stromversorgungen neben den kom-

pakteren Bauformen einen immer höheren Funktionsumfang bereitstellen, bleibt das Wärmemanagement teilweise eine Herausforderung. Darum investieren Hersteller zum Erzielen einer hohen Betriebserwartung viel

Zeit in ein gutes thermisches Design und eine geeignete, effektive Wärmeabfuhr. Dabei ist die häufigste Kühlmethode, da einfach, effektiv und kostengünstig umzusetzen, der Einsatz eines integrierten Lüfters.

Kühlungsmethoden

Grundsätzlich lassen sich Stromversorgungen auf unterschiedlichste Weise kühlen, mit reiner Konvektionskühlung, forcierter Kühlung über beispielsweise Lüfter, Kontakt- oder Wasserkühlung. Je nach Verfahren ist gegebenenfalls eine vom Hersteller vorgegebene Einbaulage zu berücksichtigen, die bei Nichtbeachtung zu einem Wärmestau im Gerät führen kann. Wird eine Stromversorgung bereits über einen integrierten Lüfter aktiv gekühlt, ist dieser seitens der Hersteller entsprechend ausreichend dimensioniert und positioniert. Hier ist oft auch die Einbaulage der Stromversorgung in Bezug auf eine ausreichende Kühlung unkritisch. Zu beachten sind nur die maximal zulässige Umgebungstemperatur und freie Lüftungsöffnungen für eine ungehinderte Luftzirkulation. Neben einer unvermeidlichen Geräuschentwicklung durch die Drehbewegung wie auch Strömungsgeräusche bringt der Lüfter den Nachteil mit, dass Dreck, Staub und sogar Feuchtigkeit durch den Luftstrom in das Gerät gezogen werden und sich ablagern können.

Betriebstemperatur

Befindet sich eine Stromversorgung oder die gesamte Anwendung in einem Gehäuse, kann durch die Abwärme der Geräte die Temperatur im Gehäuse über die in der technischen Dokumentation angegebene zulässige Betriebstemperatur steigen. Dann ist eine Leistungsreduzierung (Temperatur-Derating) laut Datenblatt zu berücksichtigen, oder im umgebenden Gehäuse ist für Kühlung (etwa durch einen Lüfter) zu sorgen (**Bild 3**). Hierbei lässt sich der für den Abtransport von genügend Wärme erforderliche Luftstrom annäherungsweise herleiten. Aus der gesamten in Wärme umgewandelten Energie innerhalb des Gehäuses sowie dem maximal zulässigen Temperaturanstieg, unter Vernachlässigung weiterer Parameter wie Betriebshöhe, Eigenkonvektion, Positionierung des Lüfters und Positionierung temperaturkritischer Komponenten im Gehäuse, ergibt sich ein

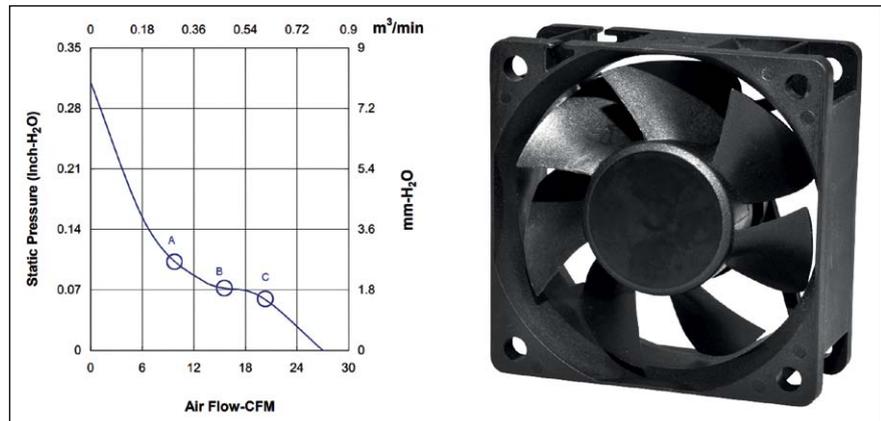


Bild 1. Rechts die Abbildung und Links die Kennlinie mit drei theoretischen und willkürlich gewählten Arbeitspunkten, bei einem fiktiven Systemwiderstand zur Beispielrechnung (B), höherem (A), und geringerem (C) Systemwiderstand des MF60251VX1000UA99, einem magnetisch gelagerten Lüfter des Herstellers Sunon mit einer Betriebserwartung von bis zu 70.000 Stunden. (Bild: Sunon)

ungefähr benötigter Volumenstrom. Bei einer fiktiven Anwendung, bei der nur ein voll ausgelastetes 1500-Watt-Netzteil – angeschlossene Last außerhalb des Gehäuses – mit 92 Prozent Wirkungsgrad von einem Gehäuse umgeben wird, einer maximalen Zulufttemperatur von +35°C und einer maximal zulässigen Betriebstemperatur von +50°C im Gehäuse, ergibt sich rechnerisch ein Volumenstrom von 0,43 m³/Min:

$$Q = (K \cdot P) / (\Delta T \cdot 60 \text{ Min.})$$

$$= (3 \cdot 130,43 \text{ Watt}) / (15 \text{ K} \cdot 60)$$

$$= 0,43 \text{ m}^3/\text{Min.}$$

Q = Volumenstrom in m³/Min.
 K = Korrekturfaktor (Applikationsabhängig)
 P = Verlustleistung der Stromversorgung in Watt
 ΔT = Differenz aus maximal zulässiger Temperatur im Gehäuse und maximaler Zulufttemperatur in °K

In der Praxis ist die Bestimmung eines geeigneten Lüfters schwieriger, weil der Volumenstrom, den ein Lüfter tatsächlich liefern kann, abhängig ist vom Druck, den er in der jeweiligen Anwendung aufbauen muss. Je nach Packungsdichte und Platzierung der Bauteile im Gehäuse, Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms, Größe der Ansaug-/Abluftöffnungen und deren Lage sowie verwendeter Filter, muss der Lüfter einen bestimmten

Systemwiderstand überwinden. Der maximale Luftstrom und der maximale Druck, den er erzeugen kann, stehen in einem direkten Verhältnis zueinander. Steigt der Druck, den der Lüfter zum Überwinden des Systemwiderstands aufbauen muss, sinkt zwangsläufig der Volumenstrom. Beide Werte sind in den Leistungskurven der technischen Dokumentation der Lüfterhersteller zu finden. Ein möglicherweise ausreichender Lüfter mit dargestellter Druckluftkurve für die obige Beispielrechnung zeigt **Bild 1**.

Manchmal ist es schwierig, den Widerstand gegen den Luftstrom im zu kühlenden System zu ermitteln. Für viele typische Anwendungen kann man als ersten Anhaltspunkt annehmen, dass der tatsächliche Luftstrom rund die Hälfte des maximalen Luftstroms des eingesetzten Lüfters beträgt. Also sollte die Wahl auf einen Lüfter fallen, der mindestens den doppelten benötigten Luftstrom erzeugen kann. Mit den hergeleiteten Werten als Basis lässt sich empirisch durch Messen des Luftstroms oder besser der tatsächlichen Temperaturen an den kritischen Systemkomponenten aber schnell, durch Änderung von Drehzahl und Größe des verwendeten Lüfters, der tatsächlich geeignete Lüfter bzw. Luftstrom ermitteln. Meistens ist es ein Kompromiss aus bestmöglicher Entwärmung und geringer Drehzahl, um die Geräuschentwicklung so klein wie möglich zu halten. Je nach Komplexität der Anwendung kann auch

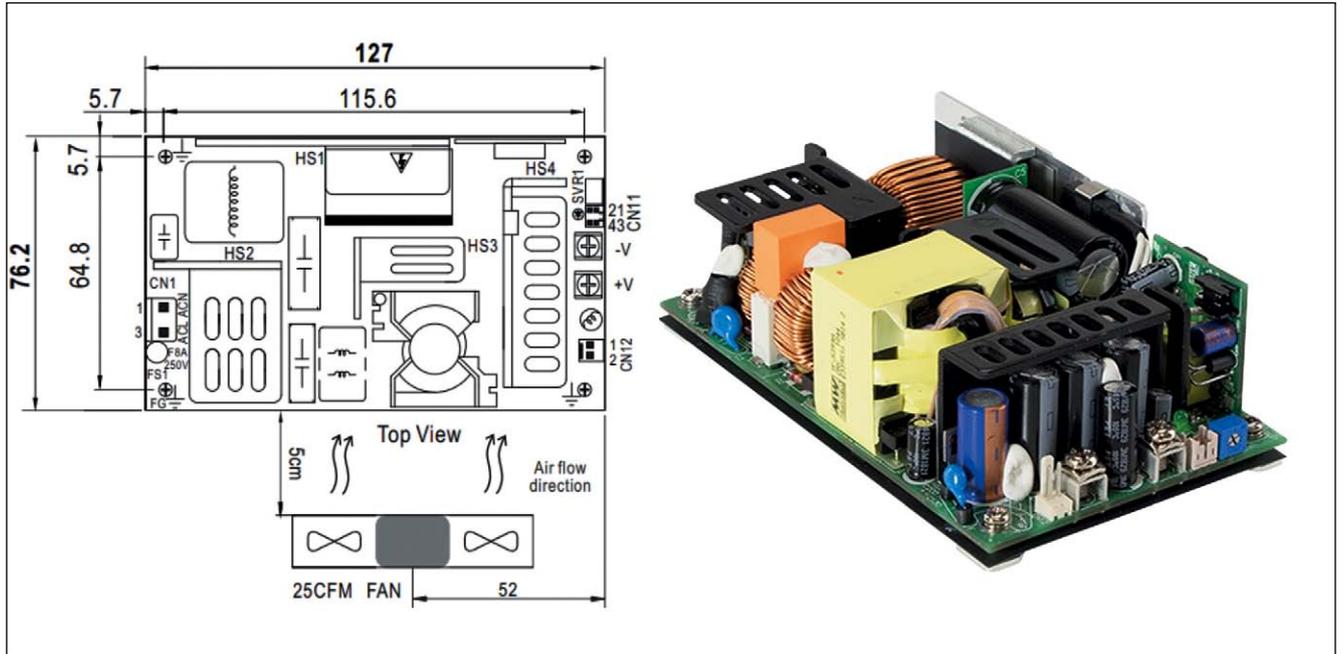


Bild 2. Abbildung und Maßzeichnung mit zu berücksichtigender Positionierung des Lüfters bei der Open-Frame-Netzteilserie EPP-500 des Herstellers Mean Well. (Bild: Mean Well)

eine thermische Simulation zur Ermittlung des geeigneten Lüfters und dessen bestmöglicher Positionierung sinnvoll sein, um eine ausreichende Kühlung in allen kritischen Bereichen des Gehäuses beurteilen zu können.

Open Frame Netzteile

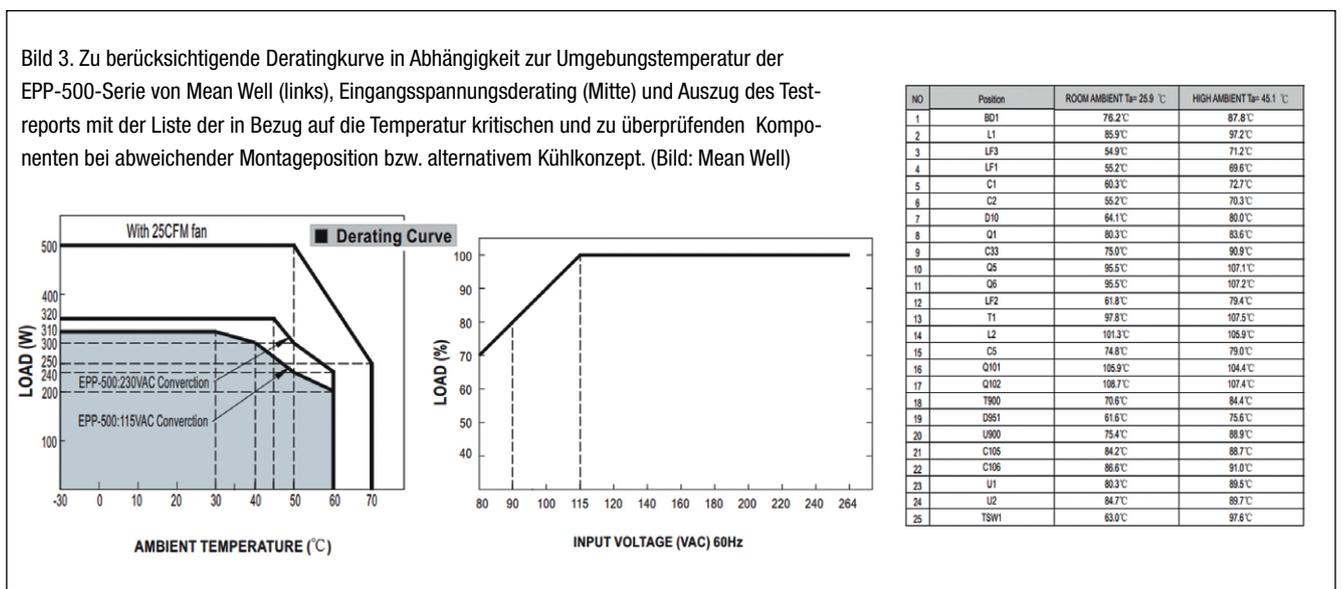
Einige Stromversorgungen lassen sich wahlweise mit und ohne aktive Kühlung betreiben. So werden Open-Frame-Netzteile oft entweder bei reiner Konvektionskühlung mit reduzierter

Leistung oder aktiv gekühlt mit Nennleistung betrieben. Beim EPP-500-24, einem 24-Volt-Open-Frame-Netzteil des Herstellers Mean Well mit 5 x 3 Zoll² Grundfläche (Bild 2), führt das Datenblatt eine konvektionsgekühlte Maximalleistung von 320 Watt an. Will man dem Netzteil bis zu 500 Watt Leistung entnehmen, ist eine aktive Kühlung notwendig.

Im Allgemeinen beziehen sich die Angaben der Datenblätter für die Konvektionskühlung auf eine horizontale, wie in der Dokumentation abgebildeten

Montageposition. Ist eine abweichende Montageposition in der Endanwendung notwendig, ist das noch kein K.O.-Kriterium. Aber zu beachten ist, dass unter den ungünstigsten Bedingungen die maximal zulässigen Umgebungstemperaturen nicht überschritten werden und zudem, dass die Temperaturen an kritischen Einzelkomponenten des Netzteils in der spezifischen Anwendung nicht zu hoch werden.

Zur Entnahme der maximalen Leistung bei aktiver Kühlung liefern die Hersteller in den technischen Dokumenta-



tionen Empfehlungen zur Dimensionierung und der genauen Positionierung eines zu verwendenden Lüfters direkt am Netzteil, damit die entstehende Abwärme im ausreichenden Maße abtransportiert werden kann. Dabei muss die im Datenblatt angeführte Strömungsrichtung und der Volumenstrom direkt am Netzteil gegeben sein, um die volle Leistung entnehmen zu können. Darauf ist besonders zu achten, wenn ein Systemlüfter an einer anderen Stelle in der Anwendung positioniert wird. Wie auch bei der oben beschriebenen Konvektionskühlung bei abweichender Montageposition, ist bei einem zum Herstellerdatenblatt abweichend alternativen aktiven Kühlkonzept die Wärmeentwicklung an den benannten temperaturkritischen Komponenten zu prüfen und einzuhalten.

Kontaktkühlung

Und die eleganteste Lösung, um bei Stromversorgungen eine aktive Kühlung über Lüfter zu vermeiden, ist die Kontaktkühlung. Hierbei wird ein Großteil der entstehenden Abwärme auf eine sogenannte Baseplate oder eine thermisch optimierte Grundplatte geleitet. Zur Kontaktkühlung ist es notwendig, die Stromversorgung beziehungsweise die Baseplate thermisch zum Beispiel an eine metallische Gehäusewand zur Entwärmung zu koppeln. Bei den Netzteilen der UHP-350-Serie von Mean Well ist dies im Datenblatt (**Bild 4**) beispielhaft mit der Montage auf eine 3 mm starke Metallplatte mit 450 x 450 mm² Grundfläche (ausreichend für die Kontaktkühlung) aufgezeigt.

Alternativ kann auch eine äquivalente Metallplatte oder Gehäusewand in anderer Bauform oder ein klassischer, im Gehäuse integrierter oder außerhalb angebrachter Kühlkörper mit identischer Wärmeableitfähigkeit zum Einsatz kommen. Auch wenn die Kontaktkühlung einen großen Teil der Wärme ableiten kann, trägt die Luftkonvektion oft noch zu einem Teil dazu bei. Ein Referenzmesspunkt (T_{case}) am Gehäuse des Netzteils zeigt die im Betrieb der jeweiligen Anwendung einzuhaltenen Maximaltemperatur auf. Durch

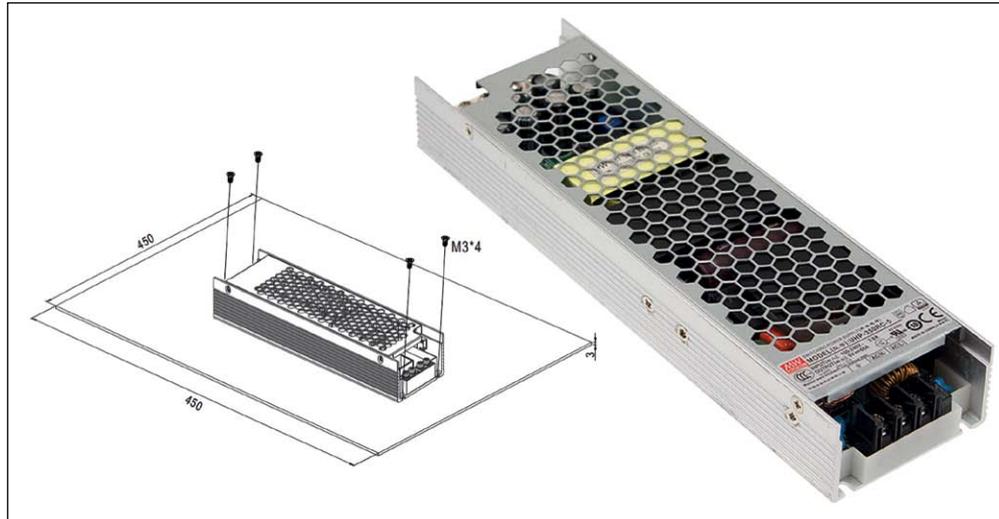


Bild 4. Montageskizze für eine Kontaktkühlung mit Metallplatte und Bild der UHP-350 Serie von Mean Well. (Bild: Mean Well)

den Einsatz derartiger kontaktgekühlter Netzteile können Lüftungsöffnungen gegebenenfalls gänzlich entfallen und mögliche Ausfälle durch die bereits beschriebene mögliche Verschmutzung sowie in sensiblen Anwendungen Nachteile wie die Geräusentwicklung durch einen Lüfter vermieden werden.

Jedes Grad zählt!

Zum Schutz der Stromversorgungen vor Überhitzung, Abschaltung oder gar Ausfall ist das Einhalten der maximal zulässigen Temperaturen unumgänglich. Für eine möglichst lange Lebensdauer ist es zudem ratsam, die Betriebstemperaturen möglichst deutlich unterhalb der Maximaltemperaturen zu reduzieren. Die Betriebserwartung elektronischer Komponenten, vor allem der verbauten Elektrolytkondensatoren, ist stark temperaturabhängig. Basierend auf der Arrhenius-Gleichung – nach der wissenschaftlichen Arbeit des Physikers und Chemikers Svante Arrhenius – zeigt sich, dass eine Temperaturerhöhung um +10°C die Ausfallwahrscheinlichkeit verdoppelt beziehungsweise die Betriebserwartung halbiert. Damit ist die Temperatur der Faktor, den es durch ein gutes Wärmemanagement im Endsystem und der Auswahl einer möglichst effizienten Stromversorgung einzugrenzen gilt. Sind anwendungsbezogen hohe Umgebungstemperaturen unumgänglich,

und das Netzteil kommt in den Bereich des Deratings, ist entsprechend der Worst-Case-Umgebungstemperatur eine Leistungsreduzierung zu berücksichtigen.

Unterstützung für die Kunden

Im Markt gibt es eine Fülle an Stromversorgungen für unterschiedlichste Anwendungen. Zu den Experten für die Beurteilung und Auswahl von jeweils geeigneten Geräten für den Einsatz in Industrie, Medizin und in Haushaltsanwendungen, sowie für die Selektion von leistungsstarken, langlebigen und sehr leisen Lüftern für industrielle Qualitätsansprüche zählen versierte Distributoren. So bietet Schukat ein breites Portfolio an hochwertigen und effizienten AC/DC- und DC/DC-Stromversorgungen und weiteren Produkten an, die für professionelle Kühllösungen unerlässlich sind. Zur Produktauswahl unterstützt der Distributor mit Beratung über ein Vertriebsteam, in diesem Fall spezialisiert auf Komponenten von Mean Well und Sunon. eg



Frank Stocker
ist Field Application Engineer Power Supplies bei Schukat electronic.