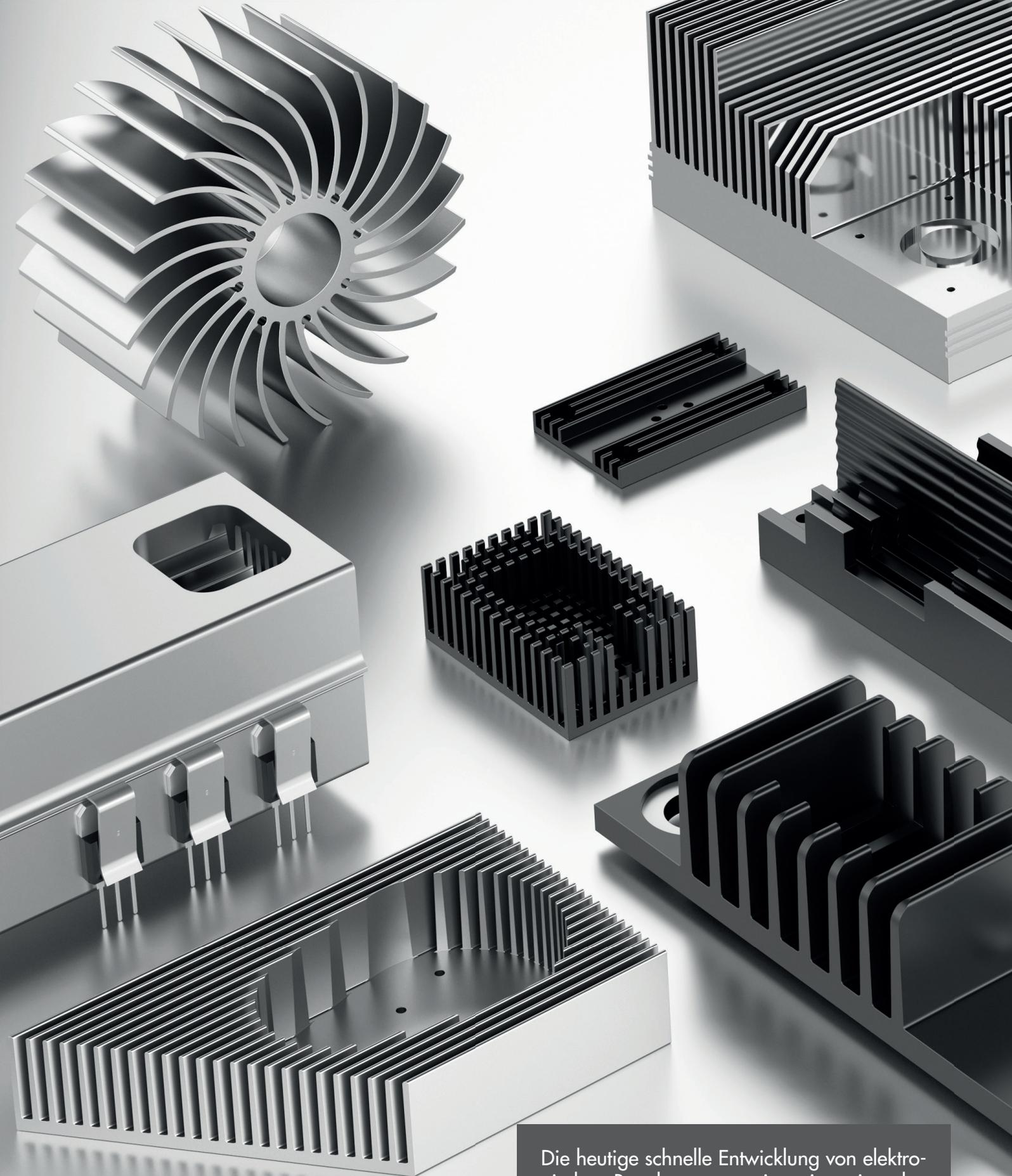


Für jede Leistungsklasse das
passende Entwärmungskonzept





Die heutige schnelle Entwicklung von elektronischen Bauelementen, mit stetig steigenden Leistungsdichten bei kleinerer Packungsdichte, erfordern eine dynamische und effiziente Herangehensweise an die Auswahl geeigneter Entwärmungskonzepte, welche an die Erfordernisse zur Sicherstellung der Halbleiterfunktion angepasst sind.

#Entwärmungskonzept

In der Fachliteratur wird der Begriff Wärmemanagement als der Gebrauch von verschiedenen Temperaturüberwachungs- und Entwärmungsmethoden, wie z. B. die natürliche und erzwungene Konvektion, innerhalb eines auf elektronischen Bauteilen basierenden Systems definiert. Das Hauptziel eines effektiven Wärmemanagements ist es, die Temperaturen der elektronischen Bauteile und des Gehäuseinneren in einem funktionalen Bereich zu halten. Die physikalischen Vorgänge in der Halbleiterschicht erzeugen Verlustleistungen, welche in Verlustwärme umgewandelt werden. Ein stromdurchflossener Leiter, Halbleiter erzeugt eine Art Abwärme durch den elektrischen Widerstand, der sich durch Zusammenstöße der Elektronen und Atome beim Schalten binärer Zustände ergibt. Frequenzbedingte Ladungsverchiebungen erhöhen den Energiebedarf und erzeugen hierdurch die bereits genannte Abwärme. Eine sichere Funktion des Halbleiters kann somit nur gewährleistet werden, wenn dessen Temperaturhaushalt in einem vom Hersteller vorgegebenen Temperaturbereich gehalten und auch betrieben wird. Statistische Ergebnisse von Untersuchungen an fehlerhaften elektronischen Bauteilen belegen, dass hierbei über 70% der Fehler auf thermische Zusammenhänge zurückzuführen sind. Bei elektronischen Systemen beträgt die Ausfallrate immerhin noch gut 55% durch thermisch induzierte Vorgänge. Ausgehend von einer Bauteiltemperatur von 75°C, kann beispielhaft bei einem Temperaturanstieg auf 140°C, gleichbedeutend mit einem Anstieg der Ausfallrate, um den Faktor 8 gerechnet werden. Dieser kurze Einblick in die physikalischen Zusammenhänge zeigt sehr deutlich, dass ein wirkungsvolles thermisches Management elektronischer Bauteile unerlässlich ist.

Passive Entwärmungsmöglichkeiten

Zur Entwärmung von elektronischen Bauteilen, mittels der freien Konvektion, finden sehr häufig stranggepresste Kühlkörper aus Aluminium ihren Einsatz. Als Basisdefinition kann ein Kühlkörper, auch Wärmesenke genannt, als eine berippte Fläche, beziehungsweise als ein oberflächenvergrößerndes Bauteil verstanden werden. Der Wärmeübergang von einem festen Körper zum umgebenden Fluid ist umso besser, je größer die wärmeübertragende Oberfläche ist. Aufgrund dessen wird bei

der Kühlkörperentwicklung stets versucht, eine möglichst große Wärmetauschfläche zu erzielen. Bei der Kühlkörpergestaltung sind allerdings neben den herstellungstechnischen Restriktionen des Strangpressens, auch physikalische Gegebenheiten zu berücksichtigen. Beim Kühlkörperaufbau für die freie Konvektion ist besonders zu beachten, dass die Wärmetauschfläche nicht beliebig vergrößert werden kann. Je nach Kühlkörpergeometrie und Temperaturfeldern, können sich einzelne Rippen und Flächen gegenseitig negativ beeinflussen. Das Auftriebsverhalten und Grenzschichtbetrachtungen sollten im Vorfeld einer jeden Applikation anhand einer thermischen Simulation überprüft werden. Bei der richtigen, auf die Applikation zugeschnittenen Kühlkörperauswahl, liefern im Extrusionsverfahren hergestellte Strangkühlkörper effiziente Entwärmungsmöglichkeiten für kleinere, aber auch größere Verlustleistungen und bieten ein optimales Verhältnis aus Preis, Leistung, Gewicht und Volumen. Darüber hinaus lassen sich Strangkühlkörper sehr gut und beliebig mechanisch bearbeiten sowie oberflächenbeschichten.

Auch für kleinere Verlustleistungen, wie z. B. zur direkten Entwärmung von elektronischen Bauteilen auf der Leiterkarte, sind Kühlkörper in vielen Applikationen vorzufinden und nicht mehr wegzudenken. Die Gruppe der sogenannten „Board-Level“ Kühlkörper (Bild 1) setzt sich aus verschiedenen hergestellten Kühlkörpervarianten zusammen. Neben den klassischen Strangkühlkörpern im Kleinsformat, z. B. als SMD-Kühlkörper, finden ebenfalls gestanzte Kühlkörper aus Aluminium- oder Kupferblech ihren Einsatz. Besonders für das Design der Entwärmung auf der Leiterkarte, werden optimierte und kompakte Formen des Kühlkörpers bevorzugt sowie kundenseitig gefordert. Fingerkühlkörper liefern eine besonders effektive Kühlkörperbauweise, welche aus einer Grundplatte besteht, von der Lamellen, Fahnen oder Stifte abstehen. Diese geraden, gebogenen, gewinkelten oder sonst abgesetzten „Finger“ ergeben die bevorzugte

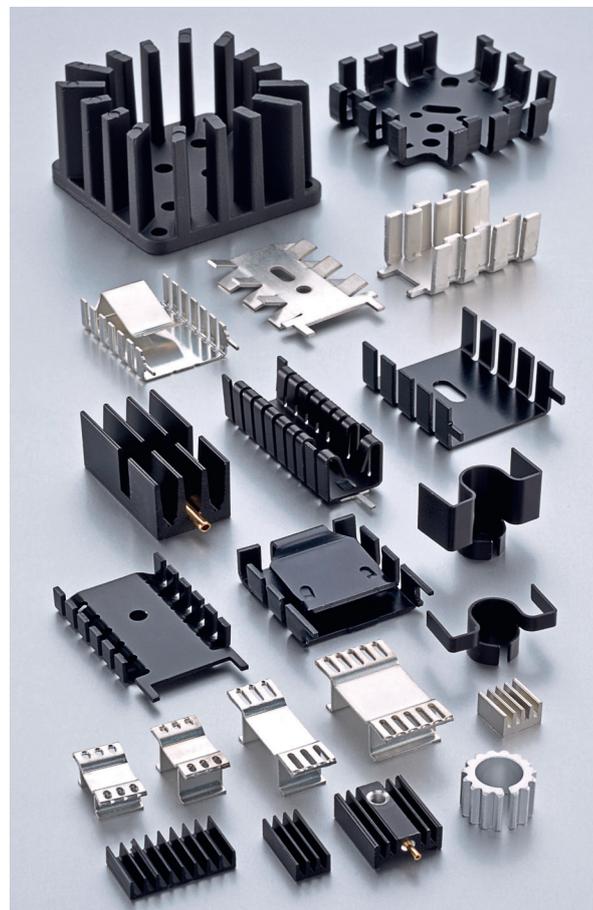


Bild 1: Wirkungsvolle Entwärmungsmöglichkeiten mit zahlreichen Eigenschaften liefern Board-Level Kühlkörper durch eine bestmögliche Wärmeableitung direkt auf der Leiterkarte

Kompaktheit und sichern eine bestmögliche Entwärmung sowie Oberflächengröße per Volumen. Eine Untergruppe der Fingerkühlkörper sind die Aufsteckkühlkörper. Diese haben spezielle Haltegeometrien mit integrierter Federklammer, um das elektronische Bauteil am Kühlkörper sicher und dauerhaft mit gut wärmeleitendem Halt zu fixieren. Neben dem befestigungsfreien Aufstecken, sind für eine vertikale und horizontale Leiterkartenmontage, den RoHS Richtlinien entsprechende lötlbare Befestigungsstifte vorgesehen. Als integraler Bestandteil des Aufsteckkühlkörpers sind diese Befestigungsarten, hier besonders für die kostengünstige Einbaumontage, von herausregender Bedeutung. Aluminium- oder Kupferbänder werden durch austanzen und biegen in die gewünschte Form gebracht und sind eine preiswerte Lösung für geringe Kühlleistungen. Spezielle Eigenschaften der Befestigungsmöglichkeiten als integraler Bestandteil des Kühlkörpers, als auch der Bauteil/Kühlkörper-Einheit auf der Leiterkarte, erbringen eine deutliche Arbeitersparnis bei der Bestückung der Leiterkarte, ermöglichen darüber hinaus sogar eine automatisierte Bestückung (Tape & Reel) ohne zusätzliche Montagekosten.

Aktive Entwärmungsmöglichkeiten

Entwärmungskonzepte für elektronische Bauteile und Komponenten, erhalten durch die Verwendung Lüfter unterstützter Ausführungen, den sogenannten Lüfteraggregaten (Bild 2), eine enorme Effizienzsteigerung. Lüfteraggregate sind in ihrem Aufbau und Geometrie der Wärmetauschflächen, jeweils auf den entsprechenden Lüftermotor und dessen Spezifika in Punkto Luftvolumen und Luftdruck abgestimmt, eignen sich darüber hinaus besonders für die Wärmeabfuhr größerer Verlustleistungen. Lüfteraggregate basieren ebenfalls auf dem konvektiven Wärmeübergang, nur wird hierbei im Gegensatz zur freien Konvektion, je nach Aufbau durch verschiedenartige Lüftermotoren, eine starke Luftbewegung erzeugt und gerichtet durch eine Wärmetauschstruktur geleitet. Nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung funktionierend, sind bei den verschiedenen Lüfteraggregatkonzepten, auch die physikalischen Gegebenheiten wie spezifische Wärmeleitfähigkeit, Gewicht und Baugröße,



Bild 2: Aktive Konzepte zur Entwärmung von elektronischen Bauteilen bieten eine deutlich höhere Wärmeableitung, besonders in der Leistungselektronik

Volumen und der Preis pro abgeführte Wärmemenge zu betrachten. Unterschiedliche Lüfteraggregataufbauten als thermisches Management und zur Lösung der Entwärmungsproblematik, sind mittlerweile in allen Bereichen der industriellen Leistungselektronik anzutreffen. Die Aluminiumgrundkörper der Aggregate als geschlossene Wärmetauschstruktur in Verbindung mit Axial-, Radial- und Diagonallüftermotoren liefern effiziente Lösungsansätze für die Entwärmung von elektronischen Bauteilen in der Leistungselektronik.

Die schnellen Produktentwicklungen im Bereich der Leistungselektronik, haben zu stetig steigenden Leistungsdichten bei den Halbleiterbauelementen geführt. Für Applikationen in denen keine Lüfteraggregate eingesetzt werden können, z. B. aufgrund des Einbauvolumens, des Gewichtes oder der Geräusentwicklung des Lüfters, bietet sich der Einsatz von Flüssigkeiten als Kühlmedium für ein geeignetes Entwärmungskonzept an. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist ca. 4-fach höher als die von Luft. Bei der Flüssigkeitskühlung geschieht die Wärmeableitung direkt und unmittelbar am elektronischen Bauteil, welches auf ein flüssigkeitsdurchströmtes Kühlelement aufgesetzt ist. Die Effizienz solcher Konzepte ist physikalisch, wärmetechnisch sehr gut sowie sehr leistungsfähig. Im Vergleich der Wärmeableitung zu den bereits beschriebenen Systemen, kommt ein deutliches Hervorragendes der Flüssigkeitskühlung zum Ausdruck. Die hohe Wärmeleitkapazität des Wasser ergibt Wärmewiderstände von $<0,003\text{K/W}$, im Vergleich zur Luftkühlung von ca. $0,01\text{K/W}$. Neben der wärmetechnischen Betrachtung, bringt die Verwendung von Flüssigkeitskühlkörpern, noch weitere Vorteile für den Anwender mit sich. Die sehr kompakte Bauweise benötigt bauartbedingt keine großen Wärmespreizflächen, da direkt am Bauteil gekühlt wird. Weiter stehen am zu entwärmenden Bauteil kein Lärm und keine Vibrationen, die beim Einsatz von Lüftermotoren gegeben sind. Ein geeignetes Rückkühlsystem für die erwärmte Flüssigkeit, sowie angepasste Schlauch- und Kupplungssysteme runden das hocheffiziente Entwärmungssystem der Flüssigkeitskühlung ab.



Autor:
Jürgen Harpain (Dipl.-Phys. Ing.)
ist als Entwicklungsleiter bei Fischer
Elektronik in Lüdenscheid tätig

Kontaktdaten:
J.Harpain@fischerelektronik.de
Tel. 02351/435-103