

# Heatpipes

## Keine Chance den Hot Spots!

Ob Mikroprozessor, IGBT oder HF-Halbleiter – Heatpipes leiten Wärme effizient ab. Als Konstruktionselement versprechen Heatpipes einfache und doch effiziente Lösungen für die Wärmeübertragung. Obwohl sie kein aktives Kühlelement sind, führen sie Verlustleistungen gezielt ab. Darüber hinaus lassen sie sich nicht nur in relativ engen Radien biegen (beim Hersteller), ohne dass ihre Wärmeleiteigenschaften verloren gehen, sondern auch mit anderen Kühlelementen kombinieren.

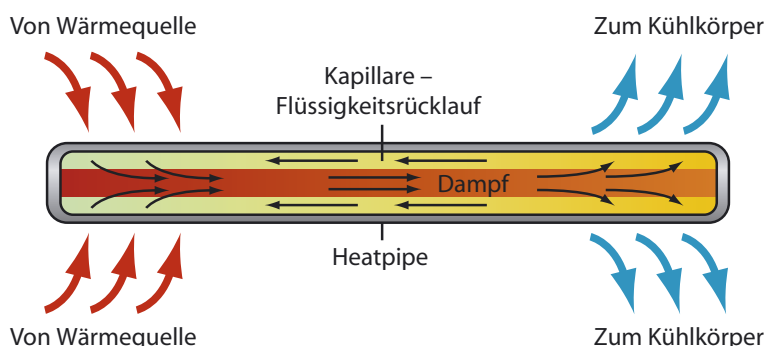
Die rasche Entwicklung in der Leistungselektronik bei gleichzeitiger Miniaturisierung der Chipgrößen stellt immer größere Anforderungen an die Kühlung derartiger Elemente. Ob Mikroprozessor, Leistungselektronik oder Telekommunikation – die Verlustleistung pro Quadratzentimeter Chipfläche steigt rapide an. Zudem sind in der Praxis Wärmeverlustvorgaben sehr eng mit dem Wunsch verbunden, gerade die Bauteile, welche die Wärme erzeugen, so eng wie möglich neben einander zu positionieren.

Bei Hochfrequenz-Anwendungen ist infolge der erforderlichen Schirmung eine direkte Wärmeabfuhr vom Bauteil oft gar nicht möglich. Aufgrund ihrer hohen Wärmeleitfähigkeit bieten sich Heatpipes und Heatpipe – Assemblies als attraktive und direkte Lösung für Wärmetransportprobleme an.

Heatpipes alleine sind jedoch keine Kühlkörper – sie dienen lediglich dem Wärmetransport. Trotzdem lassen sich damit in Kombination mit Hochleistungskühlkörpern (sowohl Luft als auch Wasser) neue Maßstäbe in puncto Kühlung setzen.

## Heatpipes – ein ideales Wärmetransportmedium

Im Vergleich zu den bekannten Kühlsystemen wie extrudierte Luftkühler oder Wasserkühler, gibt es bei der Verwendung von Heatpipe – Assemblies kaum mehr räumliche oder geometrische Beschränkungen für die Positionierung der Bauteile oder Komponenten. Damit lassen sich selbst Luft / Luft oder Luft / Wasser Wärmetauscher realisieren.



Eine Heatpipe besteht aus einem evakuiertem, hermetisch dichten Metallrohr (in der Regel Kupfer), dessen Innenseite mit einer porösen Dochtstruktur, die eine Kapillarfunktion übernimmt, versehen ist. Die Dochtstruktur ist mit einem flüssigen Wärmetransportmedium getränkt, wobei in den meisten Fällen Wasser als Medium verwendet wird. Wasser deshalb, da es von den bekannten und handelsüblichen Flüssigkeiten die beste Wärmespeicherkapazität besitzt. Selbst Quecksilber kann keine besseren Werte als Wasser erreichen.

Der Wärmetransport im Inneren der Heatpipe kommt durch Verdampfung und Kondensation zustande, wobei die eingebrachte Flüssigkeit in Folge des vorherrschenden Vakuums immer in Form von Nassdampf in der Heatpipe vorliegt.

Wird nun von außen an irgendeiner Stelle der Heatpipe Wärme, also thermische Energie zu-

geführt, verdampfen an dieser Stelle die in der Dochtstruktur befindlichen Wassermoleküle. Der dabei entstehende Dampf, welcher die zugeführte Energie aufgenommen hat, hat das Bestreben, sich sofort kühlere Stellen zu suchen, um dort wieder zu kondensieren.

### Funktionsprinzip einer Heatpipe:

Wenn an einer Stelle Energie zugeführt wird, verdampft die Flüssigkeit aus der Kapillarstruktur. Der Dampf strömt in Richtung des Temperaturgefälles und kondensiert dort, wo unter Abgabe der Verdampfungswärme Energie angeführt wird (Kaltzone). Dann wird das Kondensat von der Kapillarstruktur aufgesaugt und fließt zum Verdampfer zurück.

Bei diesem Kondensationsvorgang wird die zugeführte Energie unter Abgabe der Verdampfungswärme wieder an das Metallrohr der Heatpipe abgegeben. Die eingangs erwähnte Dochtstruktur mit Kapillarwirkung, hilft zusätzlich bei der Rückführung des kondensierten Wasserdampfes an die Verdampferzone.

Die Dochtstruktur übernimmt hierbei die Funktion einer Pumpe, wobei der ausreichende Rücktransport von der Konstruktion der Dochtstruktur abhängt. Durch Wahl der richtigen geometrischen Parameter ist es sogar möglich, in einem gewissen Höhenunterschied gegen die Schwerkraft zu arbeiten.

Auf Grund des oben beschriebenen Funktionsprinzips, arbeiten Heatpipes vollkommen passiv, ohne zusätzliche Steuerungselemente oder Beschaltungsaufwand. Da es keine bewegten Teile gibt, arbeiten sie auch außerordentlich zuverlässig und geräuschlos. Eine Zerstörung der Heatpipe kann nur durch Überhitzung bei über 315 °C Dauertemperatur oder durch mechanische Beschädigung erfolgen.

Einzigste Voraussetzung für die einwandfreie Energiezufuhr und dem Bereich der Energieabfuhr eine Temperaturdifferenz gibt, wobei die Höhe der Temperaturdifferenz einen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Heatpipe hat. Im Klartext: je höher – desto besser!

## Selbst beengte Räumlichkeiten sind kein Problem

Heatpipe – Assemblies oder besser gesagt Super Thermal Conductors können bei optimaler thermischer Anbindung an die Wärme – sowie Kühlquelle – eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit erreichen. Vergleicht man in einem praktischen Versuch die Wärmeleitfähigkeit einer Heatpipe mit einem soliden gleich großen Kupferstab, sieht man sofort den Unterschied. Beim Kupferstab wird die Wärme über eine kurze Strecke noch halbwegs gut übertragen, bei größeren Distanzen findet jedoch kaum mehr ein nennenswerter Wärmetransport statt. Dies basiert auf dem physikalischen Gesetz, dass der Wärmetransport proportional zur Übertragungsentfernung ist.

Bei einer Heatpipe wird die Wärmeenergie jedoch mit annähernd gleichbleibendem Wärmewiderstand auch über große Strecken übertragen. Auch beengte räumliche Gegebenheiten bilden kein Problem. Heatpipe können in engsten Radien gebogen werden, ohne dass die gute Wärmeleitfähigkeit verloren geht.

Typische Anwendungsmöglichkeiten für HP – Assemblies sind:

- Kühlung von Mikroprozessoren im Laptop und in Desktop-Computern ohne Lüfter
- Kühlung von HF-Halbleitern in HF-dichten Gehäusen
- Kühlung von Laserdioden
- Kühlung von IGBTs in spritzwasserdichten Antriebssteuerungen
- Wärmetauscher für Schaltschränke – speziell bei hohen IP – Anforderungen
- Kühlung von explosionsgeschützten Antriebssteuerungen

Heatpipe (Super Thermal Conductors) können mit ihrer isothermischen Fähigkeit auch mit großem Erfolg als Heatspreader eingesetzt werden. So lässt sich mit Heatpipes, welche in gefräste Rillen eines Kühlkörpers eingepresst werden, eine gleichmäßige Wärmeverteilung erzielen und Hot Spots vermeiden.

## Typische Technische Daten von Heatpipes

Der Arbeitstemperaturbereich reicht bis 275°C; bei Verwendung von Alkoholgemischen ist der Einsatz bis -40°C möglich. Der kleinste Durchmesser beträgt 2,5mm. Die Verlustleistung pro Quadratzentimeter Einspeisefläche liegt bei rd. 20 Watt. Typische Wärmewiderstände liegen je nach Anbindung an die Wärmequelle bzw. Kühlkörper bei 0,02 bis 0,05 K/W. Obwohl der thermische Widerstand der Heatpipe auch etwas mit der Innentemperatur variiert, ist er vor allem vom Parameter Wärmeabfuhr- / Wärmezufuhr- Kontaktfläche abhängig, d.h. je größer die Kontaktfläche, desto kleiner wird der thermische Widerstand.



Stefan Polland  
**MB Electronic AG**  
Belgradstraße 47, 80796 München

Tel: 0 89 – 30 626 0  
Fax: 0 89 – 30 626 260  
[www.mb-electronic.de](http://www.mb-electronic.de)  
[info@mb-electronic.de](mailto:info@mb-electronic.de)