

## Zehn wichtige Regeln für die Verwendung von Heatpipes

1. Heatpipes sind Bauteile, mit denen sich Wärme sehr effizient und schnell von einem warmen Ort zu einem anderen kühleren Ort transportieren läßt. Sie werden deshalb auch mitunter als thermische Supraleiter bezeichnet.  
Der Wärmetransport kann bezogen auf Wärmemenge und Geschwindigkeit bis zum 100-10.000fachen betragen verglichen mit einem geometrisch gleichen Bauteil aus massivem Kupfer.
2. Eine Heatpipe beinhaltet ein System, das partiell als Verdampfer der Heatpipe-Flüssigkeit wirkt (warmer Ort) und partiell, an anderer Stelle der Geometrie, als Flüssigkeitskondensator (kühlerer Ort). Das eigentliche Transportmedium für die Wärme ist der Flüssigkeitsdampf.
3. Innerhalb der Heatpipe herrscht überall (nahezu) die gleiche Temperatur, auch wenn die warme Übergangsfläche auf Seiten des zu kühlenden Objektes (warmer Ort) gegenüber der kühleren Übergangsfläche auf Seiten des Kühlsystems/Wärmetauschers (kühlerer Ort) sehr große Temperaturunterschiede aufweist.
4. Mit Heatpipes können auch absolut gleichmäßig temperierte Arbeitsräume und -flächen geschaffen werden. (Spreader)
5. Entscheidend für die Nutzung der vollen Leistung von Heatpipes sind die Wärmeübergänge, einerseits vom zu kühlenden Objekt (warmer Ort) zum einen Ende der Heatpipe, und andererseits vom anderen Ende der Heatpipe zum folgenden Kühlsystem/Wärmetauscher (kühlerer Ort).
6. Der Wärmeübergang an diesen Anschlußstellen muß möglichst gut sein. Mit anderen Worten, der Wärmeübergangswiderstand muß besonders klein sein. Es empfiehlt sich deshalb, für den Start von Neuentwicklungen Heatpipe-Systeme mit integrierten Anschlußflächen zu beschaffen.  
Der schlechteste Wärmeübergang des Gesamtsystems vom zu kühlenden Objekt bis zum Kühlsystem/Wärmetauscher begrenzt dessen Leistungsfähigkeit.  
Z. B. kann eine mangelhaft ausgeführte thermische Verbindung (mit einem zu hohen Wärmewiderstand) zwischen warmem Ort über die Heatpipe zum Wärmetauscher (kühlerer Ort) nicht durch eine noch so effiziente Heatpipe ausgeglichen werden.

7. Heatpipes müssen in dem Temperaturbereich und Leistungsbereich betrieben werden, der ihrer Auslegung entspricht. Ansonsten bricht der Wärmetransportvorgang zusammen oder er kann sich erst gar nicht erst aufbauen.

Je nach Ausgangsbedingung (Temperaturniveau, Temperaturdifferenz, Wärmemenge, Zeitfaktor, Geometrie usw.) muß die Heatpipe unterschiedliche Materialien, Innenbeschichtungen, Durchmesser, Längen, Innenmedien, Vakuumierungen usw. haben. Deshalb ist eine Standardisierung äußerst schwierig.

- Flüssigkeit

Heatpipes können auf einen Temperaturbereich von  $-263^{\circ}\text{C}$  bis ca.  $5.000^{\circ}\text{C}$  ausgelegt werden. Je nach Temperaturbereich wird das Arbeitsmedium ausgewählt, z. B. Wasserstoff bei extrem niedrigen und Natrium bei extrem hohen Temperaturen.

Wegen seiner hohen Verdampfungswärme wird vorzugsweise Wasser als Arbeitsmedium verwendet. Es ist allerdings nur bei Temperaturen von über  $0^{\circ}\text{C}$  als Arbeitsmedium einsetzbar.

- Temperatur, Temperaturdifferenz

Die Leistung, die mit einer Heatpipe übertragen werden kann, ist abhängig von der Arbeitstemperatur (Temperatur des warmen Ortes) und der Temperaturdifferenz zwischen dem zu kühlenden Objekt (warmer Ort) und der Kontaktfläche des Kühlsystems/Wärmetauschers (kühlerer Ort).

8. Bei Kapillar-Heatpipes (Heatpipes mit spezieller Innenbeschichtung) bester Qualität hat die Einbaulage von der Senkrechten bis hin zur  $90^{\circ}$  Waagerechten nahezu keinen Einfluß auf den Wirkungsgrad. Darüber hinaus verschlechtert er sich.
9. Der Wirkungsgrad von Nicht-Kapillar-Heatpipes verringert sich mit der Abweichung von der vertikalen Einbaulage.
10. Zu kleine Biegungsradien können, je nach Technologie, das Innenleben von Heatpipes beschädigen. Bei bestimmten Ausführungen ist selber biegen nicht erlaubt.
- Biegung von Heatpipes um sehr große Winkel kann den Wirkungsgrad verringern bzw. führt zur Wirkungslosigkeit. Hier besteht eine zusätzliche Abhängigkeit zur Einbaulage.