

Uwe Filor

# Wie funktioniert das Dampfphasenlöten?

Durch inerten Dampf wird Wärme übertragen und elektronische Bauteile können dadurch verlötet werden – das ist allseits bekannt. Aber was passiert eigentlich bei der Wärmeübertragung? Was macht der Dampf?

Das Dampfphasenlöten ist auch unter dem Begriff Kondensationslöten bekannt. Die Frage stellt sich: Was passiert genau bei einer Kondensation bzw. was macht der Dampf? Zum besseren Verständnis sollte man sich die Grundlagen der Wärmeübertragung verdeutlichen. Will man z.B. eine Masse (m) von Raumtemperatur ( $T_0$ ) auf eine höhere Temperatur ( $T_D$ ), z.B. 200 °C, erwärmen, ist eine definierte Wärmemenge und der Mechanismus der Wärmeübertragung ausschlaggebend (**Bild 1**). Das klingt trivial, ist aber nicht so einfach, wie es auf den ersten Blick zu sein scheint. Denn die Oberflächentemperatur ( $T_{OF}$ ) nimmt über einen bestimmten Zeitraum ( $\tau$ ) zu (**Bild 2**), bis die Endtemperatur erreicht ist.

Wie lange aber dauert so ein Vorgang und von welchen Faktoren ist er abhängig? Entscheidend ist die eingebrachte Wärmemenge ( $\Delta Q$ ) die für den Temperaturanstieg ( $\Delta T$ ) verantwortlich ist. Der Wärmestrom ( $I_Q$ ) bei einem wärmedurchlässigen System verläuft immer in Richtung des fallenden Temperaturniveaus, vorausgesetzt im Gesamtsystem besteht ein Temperaturunterschied.

Der Wärmestrom ist umso größer je größer die Differenztemperatur ( $T_D - T_{OF}$ ), die Kon-

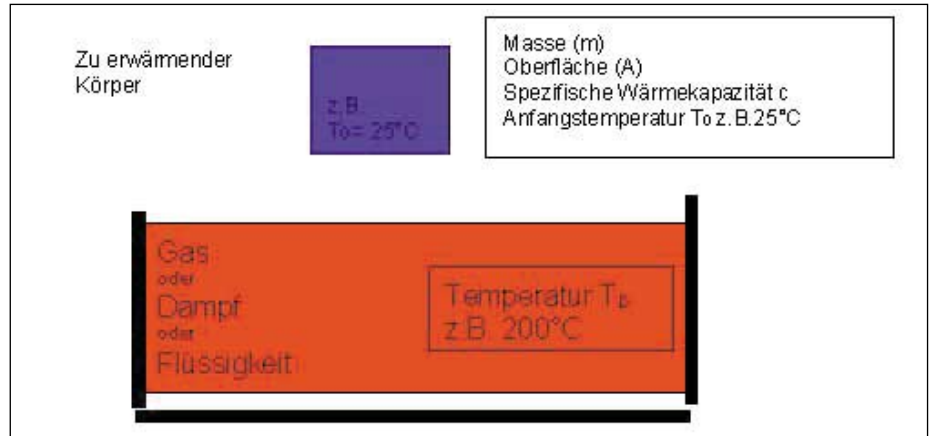


Bild 1: Die Wärmeübertragung beim Dampfphasenlöten

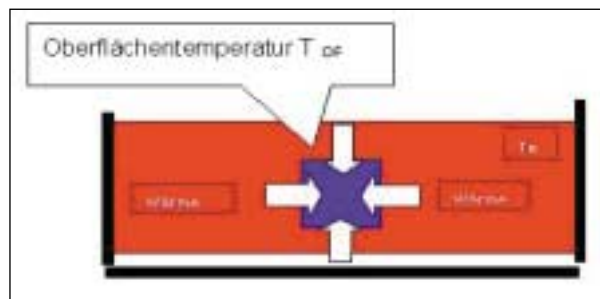


Bild 2: Wärmeübertragung mit eingetauchter Masse

taktfläche (A) und der Wärmeübergangskoeffizient (h) sind. Die Temperatur steigt um so schneller an, je kleiner die Wärmekapazität ( $C = \text{spezifische Wärmekapazität } c \times \text{Masse } m$ ) ist.

Aber wie lange dauert es, bis die Endtemperatur erreicht wird? **Bild 3** zeigt, dass man von einer bestimmten Funktion ausgehen kann:

$$T_{OF} = T_0 + (T_D - T_0)(1 - e^{-t/\tau})$$

Es zeigt sich ebenso, dass schon nach einer Zeiteinheit ( $\tau$ ) 63 % der Wärmeübertragung stattgefunden hat. Fasst man die obigen Erkenntnisse zusammen,

so ist die Aufheizzeit ( $\tau$ ) von der Masse (m), der spezifischen Wärmekapazität (c) der Oberfläche (A) und dem Wärmeübergangskoeffizient (h) abhängig. Daraus ergibt sich

$$\tau = c \times m / (A \times h)$$

Entscheidende Variable hier ist der Wärmeübergangskoeffizient (h). Alle anderen Faktoren können als konstant angenommen werden. Da der Wärmeübergangskoeffizient im wesentlichen durch das

Lötverfahren bestimmt wird, ist ein Vergleich verschiedener Verfahren umso aussagekräftiger.

Das Dampfphasen-Lötverfahren scheint am besten geeignet zu sein, um Wärme effektiv zu übertragen. Denn der Wärmeübergangskoeffizient  $h$  ( $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ) liegt je nach Verfahren bei

- Infrarot: 50 bis 100,
- Zwangskonvektion: 30 bis 120,
- Dampfphase: 400 bis 700 (kondensierter Dampf) und
- Filmkondensation: 4 000 bis 12 000.

Wie ist das jetzt an den Bauteilen mit dem Dampf? Fährt man eine zu lötende Leiterplatte in eine Dampfphasenanlage, so wird die gesamte Baugruppe mit einem Flüssigkeitsfilm umgeben. Man spricht von Filmkondensation. Vereinfacht ausgedrückt, man kommt vom Ski fahren und geht mit der kalten Skibrille in eine schön warme Skihütte. Die Skibrille beschlägt sofort. Man sieht erst dann wieder etwas, wenn die Skibrille die Raumtemperatur der Skihütte angenommen hat. Im Prinzip funktioniert das Dampfphasenlöten genauso.

Beim Eintauchen der Baugruppe in die Dampfphasen-Lötzone baut sich um die Baugruppe ein Flüssigkeitsfilm auf (**Bild 4**). Die Wärmeübertragung erfolgt durch Wärmeleitung innerhalb dieses Flüssigkeitsfilms und geht immer in Richtung des kälteren Teils, d.h. in Richtung der Baugruppe. Dieses Abkondensieren am Flüssigkeitsfilm ist natürlich verbunden mit einer Änderung des Aggregatzustands. Die Moleküle des Dampfes gehen vom gesättigten in die Flüssigkeitsform über. Das Abkondensieren dauert so lange, bis die Temperatur des ge-

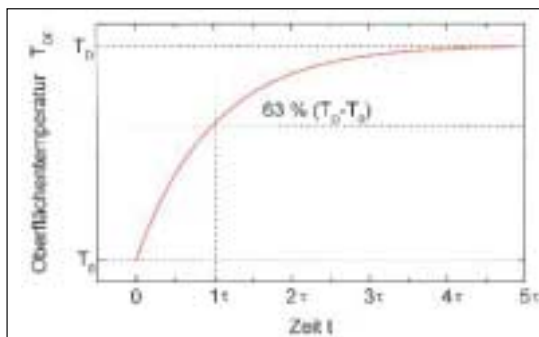


Bild 3: Verlauf der Wärmeübertragung

sättigten Dampfes die selbe Temperatur wie der Flüssigkeitsfilm hat. Sobald dieser Zustand erreicht ist, ist das Bauteil verlötet. Der Flüssigkeitsfilm bringt also auch eine horizontale, gleichmäßige Temperaturverteilung z.B. unterhalb einer BGA-Baugruppe. Ist das Abkondensieren abgeschlossen, kann auch die Temperatur im System nicht höher werden. Das gilt sowohl für die Baugruppe als auch für die Satttdampf-temperatur. Eine Überhitzung ist rein physikalisch nicht möglich.

Aus wissenschaftlicher Sicht ist es auch möglich die kondensierende Dampfmenge ( $m$ ) zu berechnen. Diese Beziehung wird durch den Wärmestrom ( $\theta$ ) durch die Verdampfungswärme ( $r$ ) der Flüssigkeit bestimmt. Daraus ergibt sich dann  $m = \theta/r$   
(wird fortgesetzt)

Fax 0 82 31/9 00 54  
www.asscon.de  
productronic **410**

**Uwe Filor** ist Inhaber der Firma in Darmstadt.

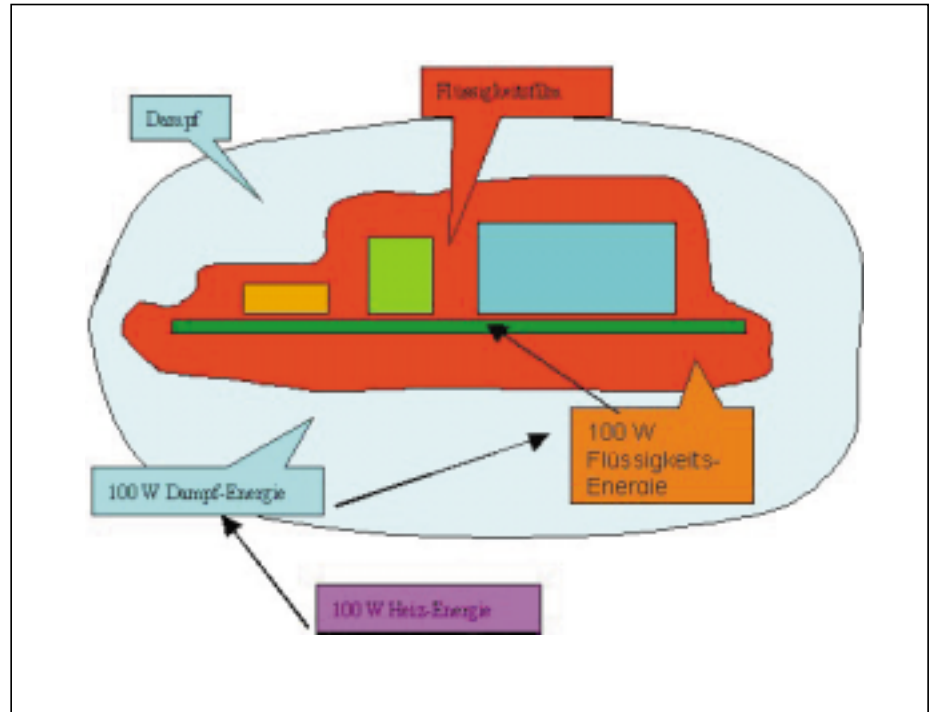


Bild 4: Der Flüssigkeitsfilm spielt eine zentrale Rolle