

# Laser-Löten: Perfekt für ultrakleine Teile oder hochdichte Bestückung

Dieser Bericht erklärt die Prinzipien des Laser-Lötens und weist auf Besonderheiten hin, die es bei der Anwendung zu beachten gilt.



dieser Unterschiede ist notwendig, um die für das geforderte Lötresultat am besten geeigneten Methoden auswählen zu können.

**Das Löten auf die herkömmliche Weise läuft in folgenden Schritten ab:**

1. Erhitzen der Spitze auf die vorgewählte Temperatur
2. Anlegen der Spitze an die Lötstelle, um diese in Gänze auf die gewünschte Temperatur zu bringen
3. Zuführung von Lötdraht

Bild 1 illustriert den konventionellen Erhitzungsprozess.

**Demgegenüber läuft der Laser-Löterhitzungsprozess auf folgende Weise ab:**

1. Richten des Laser-Strahls auf die Lötstelle („laser shot“)
  2. Entstanden ist eine Wärmequelle auf der Platine.
  3. Die Oberflächen der Pads erwärmen sich auf die optimale Temperatur („fusion temperature“)
  4. Das Lötmittel wird zugeführt.
- In Bild 2 ist dieser Erhitzungsprozess dargestellt.

Der Unterschied ist offensichtlich: Beim Einsatz der herkömmlichen Lötspitze wird die Hitze durch diese nach vorn übertragen („heat transfer“), während beim Laser-Löten die Hitze durch den Laser auf die Lötstelle übertragen wird („surface heating“).

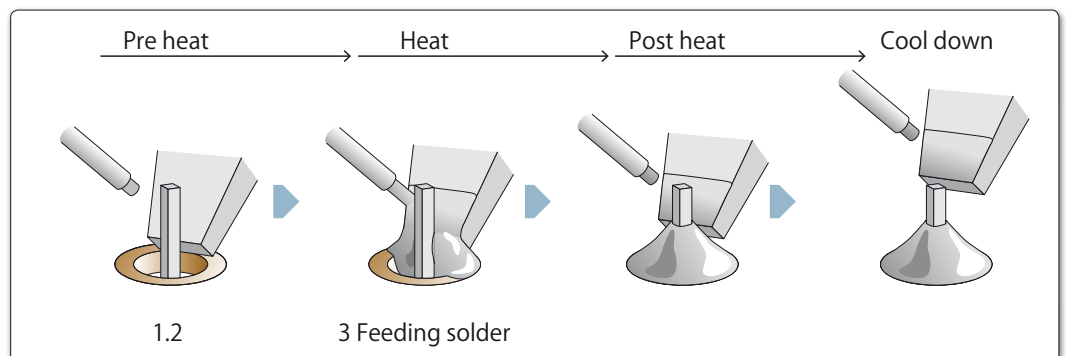
Das Laser-Löten erregt Aufmerksamkeit als eine neue Lötmethode. Dabei gilt es aber zu beachten, dass diese neue industrielle Technik im Vergleich zum Löten mit herkömmlicher Spitze ein anderes Erhitzungskonzept erfordert und daher nicht einfach das konventionelle Löten ersetzen kann. Ohne ein Verständnis der technischen Eigenheiten beider Methoden und ohne richtige Ausnutzung dieser Möglichkeiten sind hohe Löt(stellen)stabilität und -qualität unerreichbar.

### Mechanismus bei der Erhitzung

Im Gegensatz zum herkömmlichen Löten („iron soldering“), wo sich die Spitze durch einen Wärme-

fluss vom unteren Teil her, der die Wärme zugeführt bekommt („heat transfer“), erhitzt, erfolgt beim Laser-Löten die Wärmezufuhr auf die Oberfläche der Spitze („surface heating“).

Es gibt drei grundlegende Schritte beim Lötheizprozess. Der erste besteht darin, die zu lötenden Punkte vorzuwärmen („preheat“). Der zweite Schritt ist das vollständige Erhitzen („heat“) im Zuge der Zuführung des Lötzinns und der dritte Schritt ist das Nachheizen („post-heat“), damit die Lötstelle ihre optimale Form ausbilden kann. Sowohl herkömmliches als auch Laser-Löten folgen diesem Weg, jedoch sind die Einzelheiten beim Wärmefluss unterschiedlich. Das Verstehen



**Bild 1: Ablauf beim konventionellen Erhitzungsprozess**

htt high tech trade gmbh  
info@httgroup.eu  
www.httgroup.eu

Japan Unix Co., Ltd.  
www.japanunix.com

Parameter	Laser-Löten	Iron-Löten (herkömmlich)
thermische Wirkung	Oberflächenerhitzung	Wärmeübertragung
erhitztes Gebiet	begrenzt	unbestimmt
Aufwärmzeit	kurz	länger
Temperatur	kontinuierlicher Anstieg	unkontinuierlicher Anstieg

**Tabelle 1: Unterschiede bei den Erhitzungsprinzipien**

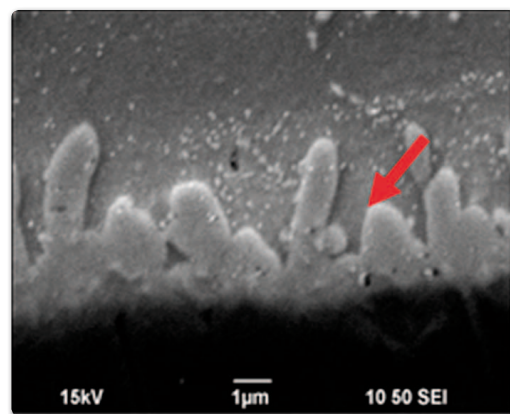
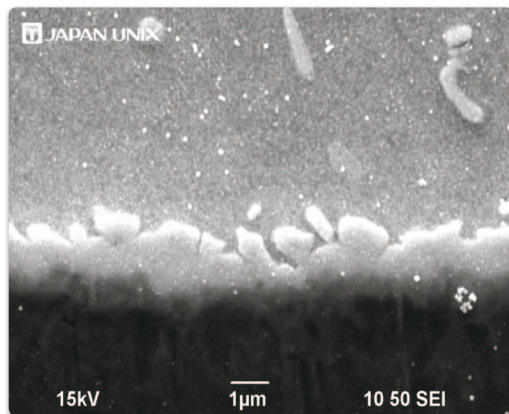
### Nachteil der herkömmlichen Methode

Es ist nun wichtig, zu erkennen, dass beim herkömmlichen Löten eine gewisse Unsicherheit bei der Temperatur der Lötstelle (Schritt 2) entsteht. Sie kann um einen schwer zu fassenden Betrag unter der Lötspitzentemperatur liegen, je nachdem, wie groß die Lötstelle ist und wie stark deren Umgebung die Wärme wegsaugt. Demgegenüber erhitzt man beim Laser-Löten die Lötstelle gezielt lokal. Ein weiterer Umstand gegenüber dem herkömmlichen Lötprozess besteht darin, dass die absorbierte Energie praktisch sofort dem entsprechenden vorgesehenen Hitzepegel entspricht. Das bedeutet natürlich eine Zeiteinsparung, jedoch kann Nachlässigkeit bei diesem Umstand dazu führen, dass es sehr schnell zu einer Überhitzung kommt. Daher ist es zur Ausführung richtiger Lötstellen beim Laser-Löten erforderlich, ein gutes Verständnis und einen zu haben.

### Festigkeit und Zuverlässigkeit bei Temperaturabweichungen

Leiden Festigkeit und Zuverlässigkeit der Lötstelle, wenn die Löttemperatur zu hoch oder zu gering ist? Da das Lötresultat direkt von den Erhitzungs- bzw. Wärmeverhältnissen abhängt, kann weder eine ausreichende Festigkeit noch

eine hohe Zuverlässigkeit ohne das Erreichen der optimalen Temperaturverläufe erreicht werden. Das hängt zum Beispiel damit zusammen,



**Bild 3: Links wurde richtig erhitzt, sodass eine passende Menge an intermetallischen Komponenten vorliegt, während rechts das Ergebnis von Überhitzung dokumentiert ist, nämlich eine übermäßige Vergrößerung von intermetallischen Komponenten**

men, dass die interne Zusammensetzung des Lotguts meist nur dann unbeeinträchtigt bleibt, wenn mit der richtigen Temperatur gelötet wird. Erfolgt hingegen eine Überhitzung, so leiden Festigkeit und Zuverlässigkeit infolge der Veränderung der Beschaffenheit des Lötmaterials. Hierzu liefert Bild 3 zwei Beispiele. Links wurde richtig erhitzt, sodass eine passende Menge an intermetallischen Komponenten vorliegt, während rechts das Ergebnis von Überhitzung dokumentiert ist, näm-

lich eine übermäßige Vergrößerung von intermetallischen Komponenten.

Weiterhin basiert auch die Liquidität des Flusses des Lotguts auf der Temperatur. Nur wenn optimal erhitzt wird, fließt das Lötmedium bestmöglich auf die Lötstelle oder in die Durchgänge („through-holes“), wobei eventueller Schmutz und eventueller Oxidbelag optimal entfernt werden. Hingegen verdampft bei Überhitzung zu viel Flussmittel, sodass die Liquidität des Flusses gehemmt wird. Weiterhin kann eine Überhitzung zur Beschädigung des Circuitboards führen, meist in Form von inneren Rissen.

der damit verbundenen technologischen Vorzüge zu kommen, aber ebenso gut auch wegen des geringen Wartungsaufwands. Jedoch wird ein solcher Umstieg ohne die Kenntniss der spezifischen Eigenschaften des Laser-Lötens wahrscheinlich dazu führen, dass man die möglichen Vorteile nicht ausnutzen kann.

### Die Vorteile des Laser-Lötens

Mit dem Laser-Löten können Operationen ergänzt werden, welche auf herkömmliche Weise schwierig oder unmöglich ausführbar sind, wenn die Erhitzungsbedingungen sorgfältig

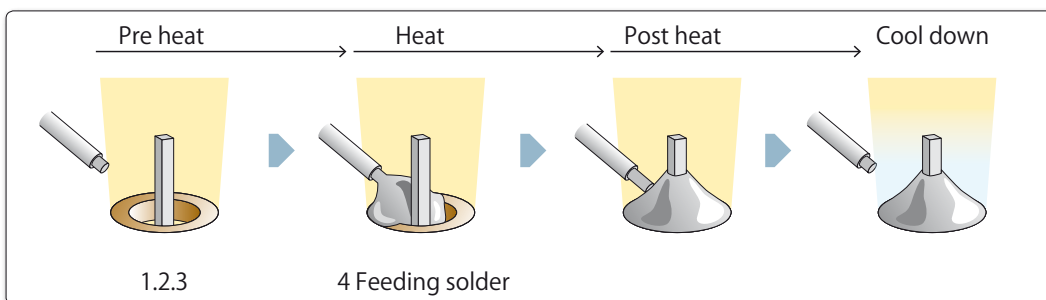
Bild 4 vergleicht die Auswirkungen der Löttemperatur innerhalb des Substrats. Links wurde vorschriftsmäßig gelötet, sodass das PCB unbeschädigt geblieben ist, während rechts ein Riss infolge von Überhitzung deutlich zu erkennen ist (Pfeil). Dieser verläuft innerhalb des Substrats, ist also von außen schwer oder nicht auszumachen.

Heute wird verstärkt der Wunsch geäußert, das herkömmliche Löten durch Laser-Löten zu ersetzen, einfach deswegen, um in den Genuss

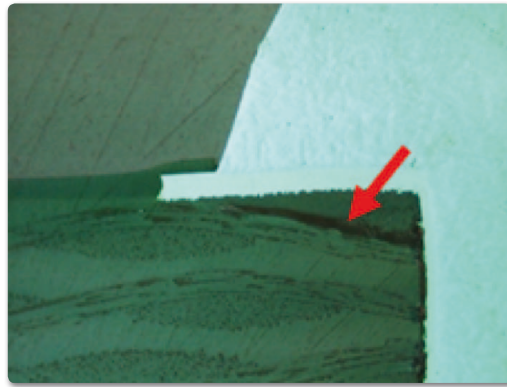
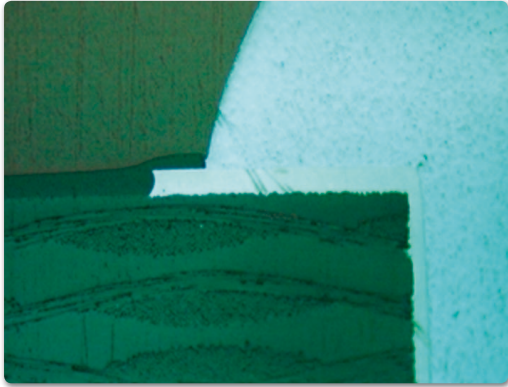
definiert und eingehalten werden. Hier die besonderen Kennzeichen des Laser-Lötens:

1. kontaktloses Verfahren der Wärmezuführung, damit Ausschluss einer physikalischen Beschädigung des PCBs
2. stabiles, gleichmäßiges Löten ist erreichbar und automatisierbar, verbunden mit effizienten Erhitzungsmethoden und optimaler Lotgutzufuhr
3. leichte Wartung (meist völlig verzichtbar)
4. Lötung mit sehr kleiner Spitze oder Nadel („pinpoint soldering“) ist auch dort möglich, wo die konventionelle Lötspitze wegen zu hoher Bauteil- bzw. Anschlussdichte versagt

Der herausragende Vorteil des Laser-Lötens ist seine „berührungslöse Aktion“. Es verzichtet auf den physikalischen/mechanischen Kontakt mit dem PCB bei der Wärmezuführung, sodass beim Löten praktisch jede mechanische Beschädigung ausgeschlossen wer-



**Bild 2: Erhitzungsprozess beim Laser-Löten**



**Bild 4: Vergleich der Auswirkungen der Löttemperatur innerhalb des Substrats. Links wurde vorschriftsmäßig gelötet, sodass das PCB unbeschädigt geblieben ist, während rechts ein Riss infolge von Überhitzung zu erkennen ist (Pfeil)**

flektierende Materialien ein Problem aufwerfen. Daher ist der Wärmeausbreitungsmechanismus in der klassischen Lötspitze zwar mit den genannten Einschränkungen verbunden, bietet aber eine gute und effiziente Lötbasis bei Komponenten, die eine große Wärmezufuhr erfordern.

### Wie breitet sich das Laser-Löten im Anwendungsbereich aus?

Nach der erfolgreichen Kommerzialisierung des Laser-Lötens wurden die entsprechenden Gerät-

Iron-Löten	Laser-Löten
bestens geeignet für Teile mit hohem Hitzaufnahmevermögen	bestens geeignet für ultrakleine Teile
einfache Einstellung der Löttemperatur während des Vorgangs	möglich auch in beengten und komplizierten Umgebungen

**Tabelle 2: Auswahlsschwerpunkte**

den kann. Sowohl ein effizientes als auch ein konzentriertes Erhitzen ist als weiterer großer Vorteil zu nennen, sodass Löten auch an schmalen und engen Stellen gelingt. Beim konventionellen Löten muss die Spitze von Zeit zu Zeit erneuert werden wegen Abbrand, was beim Laser-Löten entfällt.

### Auswahlkriterien für herkömmliches oder Laser-Löten

Das Laser-Löten ist eine relativ neue Technologie, aber es ist meist kein Ersatz für herkömmliches Löten. Es wurde bereits erwähnt, dass es darauf ankommt, bei der Auswahl der geeigneten Lötmethod die Mechanismen der Wärmeausbrei-

tung bei der vorgesehenen Aufgabe zu berücksichtigen.

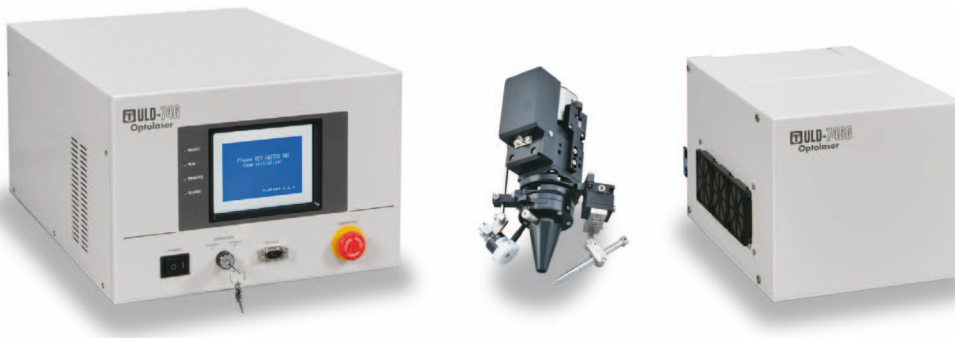
Beim herkömmlichen Löten setzt die Größe der Lötspitze eine physikalische Grenze, wenn die Struktur der elektronischen Komponenten zu klein wird. Dies ist nun kein Problem mehr beim Laser-Löten. Laser-Löten ist sehr gut geeignet für schmale und komplizierte Umgebungen, wo Bauteile sich fast berühren und wo die Bestückungsdichte auf dem Circuitboard sehr hoch ist.

Demgegenüber eignet sich in Fällen, wo große Bauteile auf großen Flächen zu verlöten sind, das herkömmliche Lötverfahren besser. Es ist in der Lage, die optimale Löttemperatur auch auf einer großen Lötspitze zu erzeugen. Beim Laser-Löten würden besonders hochre-



**SCARA Laser-Soldering Robot (er)**

schaften von Elektronikherstellern für moderne Geräte, wie Smartphones, medizinische Geräte, IoT-Komponenten und viele andere, adoptiert. Diese Gerätschaften, wie der im Aufmacherfoto dargestellte Laser-Lötroboter von der Firma Japan Unix, ermöglichen Lötverbindungen, die sicher, beständig, exakt wiederholbar sowie schnell und effizient durchführbar sind. Die Laser-Löttechnologie hat in den vergangenen Jahren bewiesen, dass sie es wert ist, in passenden Bereichen eingesetzt zu werden. ◀



**Bild 5: Ein Laser-Soldering-System (links Boxen und Kopf)**