

Anwenderbericht

Pressekontakt:

Carmen Hilsenbeck

Tel. + 49 (0 73 44) 96 06-35

eMail: c.hilsenbeck@rehm-group.com

Internet: www.rehm-group.com

Datum: 21. Oktober 2010

Multifunktionale Reflowlötanlagen für innovative Back-Side-Reflowtechnologien

Dietmar Birgel, Endress+Hauser; Dr. Hans Bell, Rehm

Einleitung

Nach wie vor sind Trough Hole Devices (THD) manchmal unersetzbare oder teilweise die kostengünstigsten Bauelemente für die Baugruppenproduktion. Daher wundert es nicht, dass das klassische Wellenlöten weiterhin selbstverständlich zum Sortiment der Fertigungstechnologien gehört, wie auch das modernere Selektivlöten mit flüssigem Lot. Neben diesen Flowlötverfahren wurden ausgewählte THD schon immer in der Pin in Paste Technologie (auch Trough Hole Reflow) verarbeitet. Diese setzt aber die Reflow-Lötwärmebeständigkeit der jeweiligen Bauelemente und deren Packages voraus, was für viele THD nicht zu erfüllen ist. Zudem kann es beim Pin in Paste bei der Bestückung der THD zu einer Verschleppung der vorher applizierten Lotpaste kommen, was zu einer starken Streuung der Qualität der Lötstellen führt (**Abb. 1**).

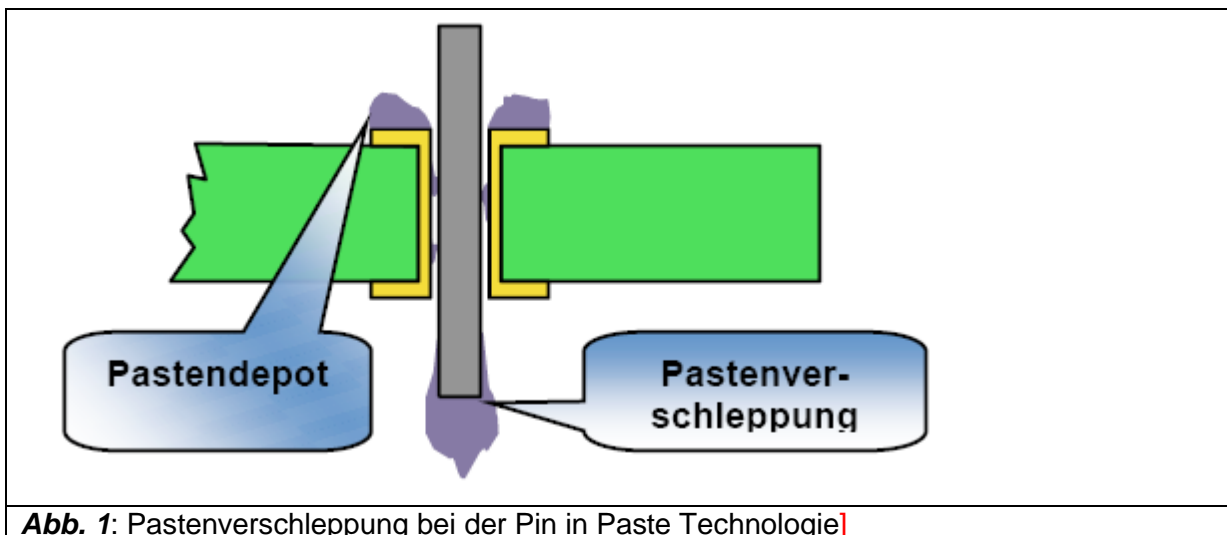


Abb. 1: Pastenverschleppung bei der Pin in Paste Technologie]

Das Reflowlöten ist unbestritten die kostengünstigste Fertigungstechnologie mit einem im Vergleich zum Wellenlöten deutlich größeren First Pass Yield. Für komplexe zweiseitig mit SMD dicht bestückte Boards kann der Wellenlötprozess überdies nicht eingesetzt werden. Selektives Flowlöten und auch manuelles Löten sind dann der einzige Ausweg, thermisch empfindliche THD zu löten.

Die maßgeblich von Endress+Hauser entwickelte Back-Side-Reflowtechnologie (BSR) bietet hier eine beachtliche Alternative. Die **Abbildung 2** lässt deutlich werden, dass BSR vor allem die Vorteile des Reflow für das THD-Löten ausnutzt.

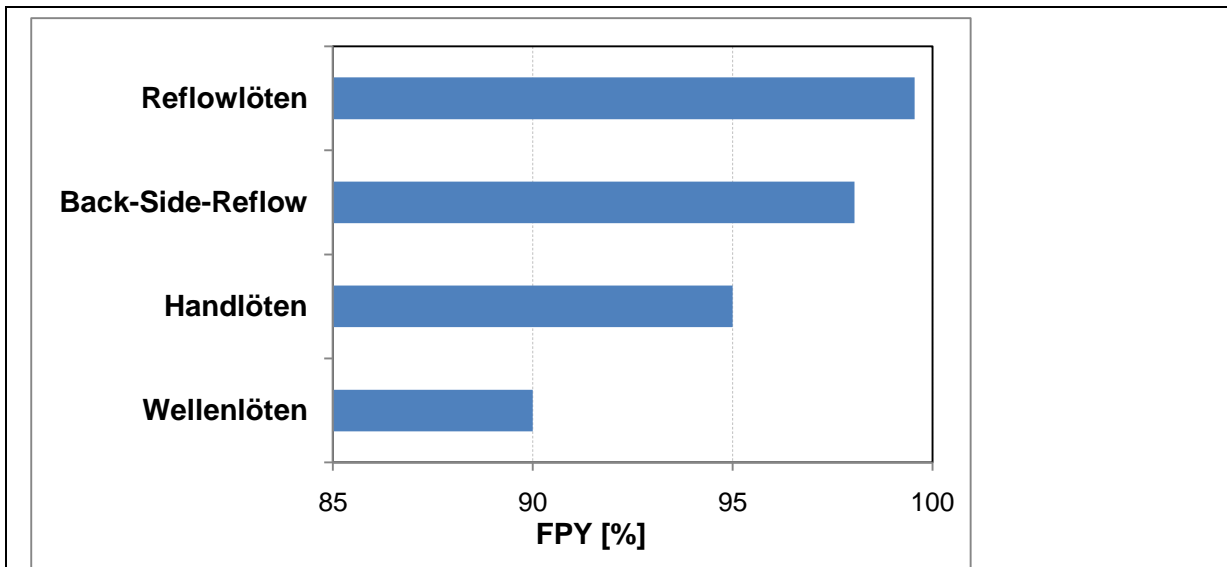


Abb. 2: First Pass Yield der Technologien im Vergleich

Der Back-Side-Reflow Prozess

Bei der BSR-Technologie wird das THD in vorher mit Lotpaste bedruckte Durchkontaktierungen bestückt. Vor dem Reflowlöten wird die bestückte Baugruppe um 180° gedreht, wodurch das THD jetzt kopfüber mit dem Package nach unten hängt (**Abb 3**).

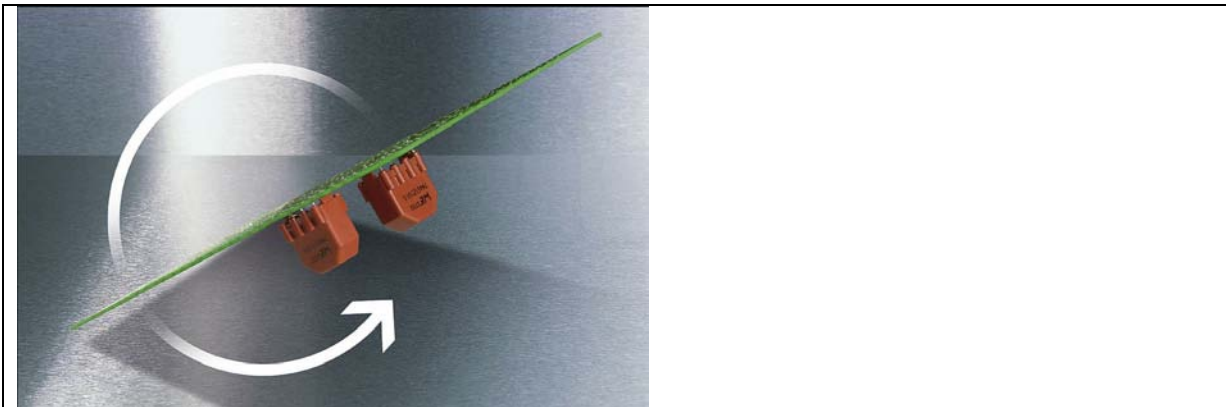


Abb 3: Die mit dem THD bestückte BG wird vor dem Reflow um 180° gedreht

Hieraus resultiert ein erster Vorteil für die Lötstellenqualität; die Lotpaste kann nicht mehr durch die Schwerkraftwirkung verloren gehen (heruntertropfen), das Lotvolumen bleibt stets vollständig der Lötstelle erhalten, was deren Zuverlässigkeit erhöht. Im folgenden Fertigungsschritt können weitere Bauelemente (SMD) bestückt werden, danach erfolgt das Reflowlöten in einer für das BSR geeigneten Anlage. Die BSR-Lötanlage ermöglicht spezielle Temperaturprofilierungen, die einerseits von oben genügend Wärme in die Lötstellen transferieren, andererseits auf der Unterseite des Boards die Packages der THD vor Überhitzung schützen. Die Reflowlötanlage ist also in der Lage, eine große

Temperaturdifferenz zwischen der Ober- und Unterseite des Boards zu erzeugen. Damit wird die Verarbeitung thermisch sensibler THD möglich. Auf der **Abbildung 4** ist eine BSR-Linie gezeigt. Mit maximal 7 Prozessschritten ist das THD integrierende BSR zwei nacheinander geschalteten Reflow- und Wellenlötprozessen überlegen.

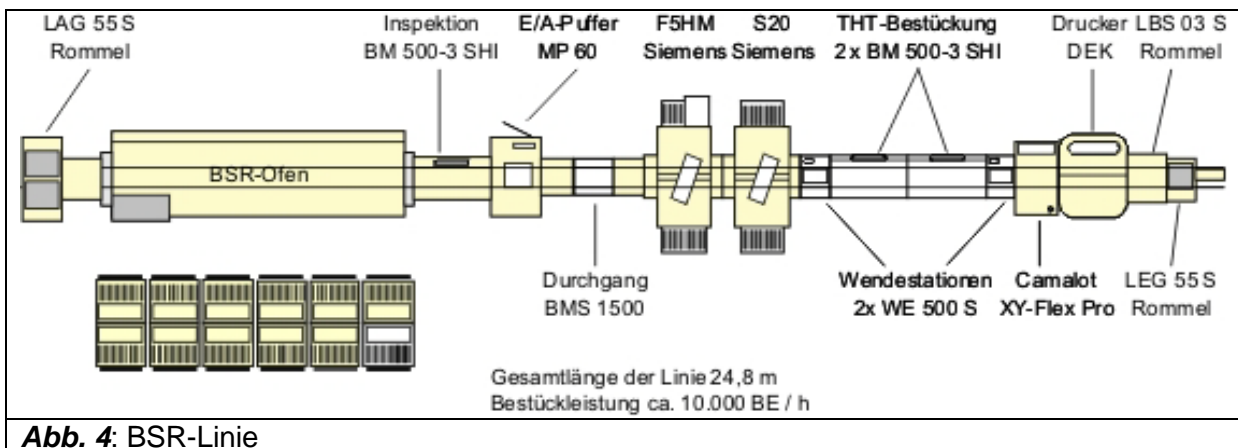


Abb. 4: BSR-Linie

Die THD-Fixierung

Für das BSR war parallel die Fixierung der kopfüber hängenden THD in/an dem Board zu lösen. Hierfür ergeben sich mehrere Möglichkeiten, die je nach Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit ausgewählt werden:

- Softlock, virgin
- Vorspannung der Pins
- Kleben
- Snap in / locking lead
- Fixierung mit einem höher schmelzenden Lot

Bei der von Würth realisierten und mit Endress+Hauser gemeinsam entwickelten Softlock-Leiterplattentechnik wird der Pin eines THD durch einen Klemmkragen in der Durchkontaktierung der Leiterplatte gehalten. Die **Abbildungen 5 a-c** zeigen eine Softlock-Durchkontaktierung. Beim Reflow behindert dieser Klemmkragen den Lotfluss in keiner Weise, so dass die Durchkontaktierung in jedem Fall optimal gefüllt wird (**Abb. 6**). Metallographische Untersuchungen haben immer wieder bestätigt, dass die BSR-Lötverbindungen durchaus mit den klassischen Trough-Hole-Wellenlötverbindungen vergleichbar sind und die Erwartungen an die Zuverlässigkeit erfüllen. Mit einer umfassenden Designbibliothek für die unterschiedlichen THD kann der Leiterplattenentwurf unterstützt werden. So stehen die in der Praxis gewonnenen Erfahrungen zur Ausprägung des Klemmkragens hinsichtlich der Pingeometrie und der aufzuwendenden Bestückkraft auch anderen Anwendern zur Verfügung.

Die kostengünstigste Variante der Fixierung erreicht man mit THD, deren Pins man vor der Bestückung eine gewisse Vorspannung geben kann; Jumper wären hierfür ein Beispiel (**Abb. 7**). Für sehr schwere große THD muss man manchmal auf das Kleben zurückgreifen oder das THD-Design bietet die Möglichkeit für ein Snap-In. Alle Varianten der THD-Fixierung werden in der Fertigungspraxis verwendet.

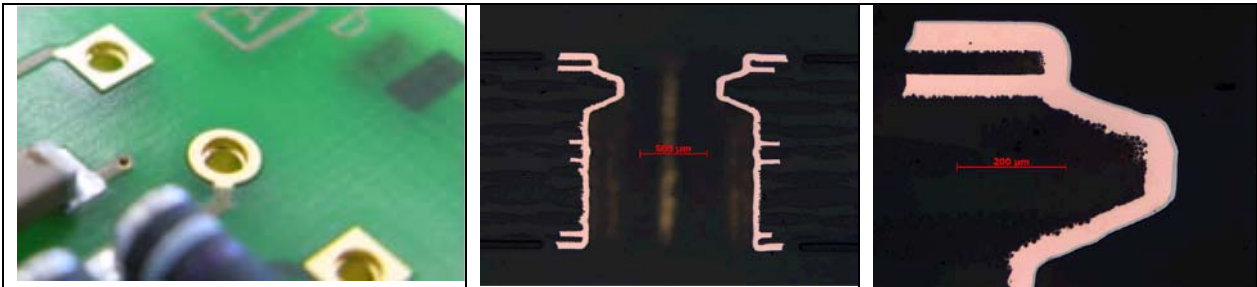


Abb. 5 a-c: Softlock Durchkontaktierung

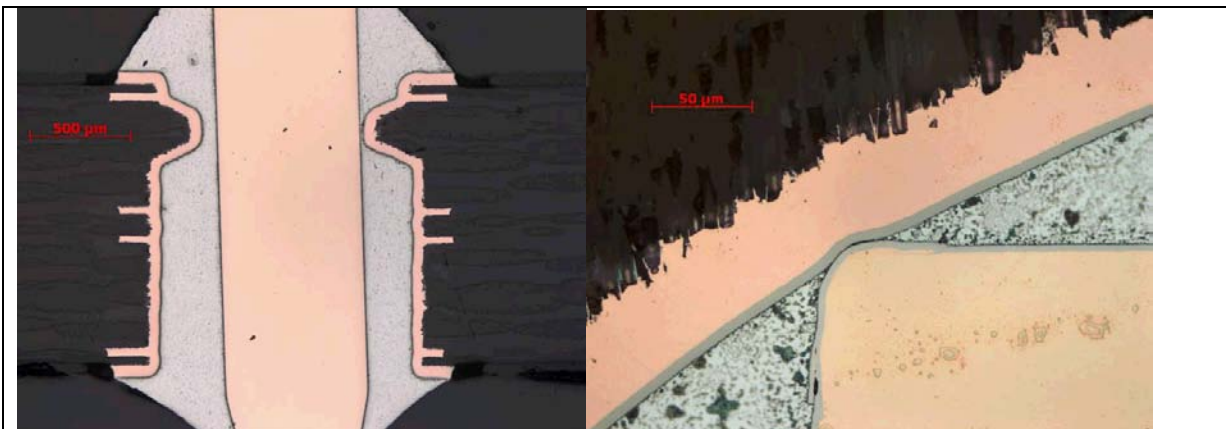


Abb. 6 a-b: Schliffbild einer Softlock-Lötstelle

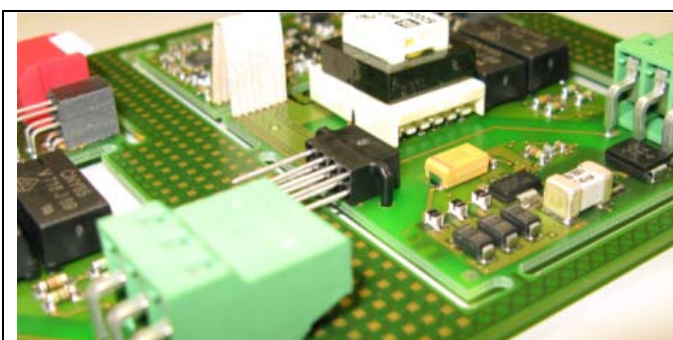


Abb. 7a: Möglichkeiten der THD Fixierung in der Praxis

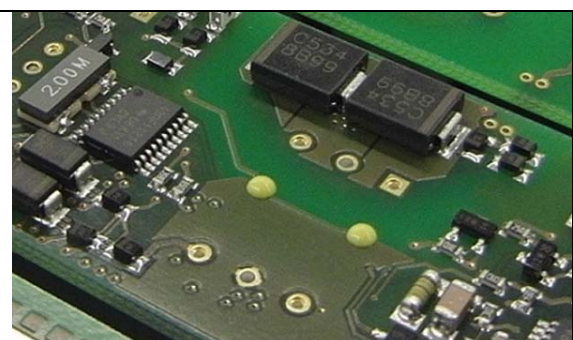


Abb. 7b: BE-Fixierung mittels Kleber

Ein BSR-Prozess mit einem Klebeschritt kann folgendermaßen gestaltet werden:

1. A-Seite: üblicher SMD-Prozess
2. B-Seite: Standardlotpaste drucken – Leiterplatte drehen – SMD-Kleber dispensen – THD bestücken – Leiterplatte drehen – SMD bestücken – Reflowlöten

Diese Prozessabfolge ist bei Endress+Hauser realisiert. Auf der **Abbildung 8** sind die Pins eines in Lotpaste bestückten Steckers zu sehen.

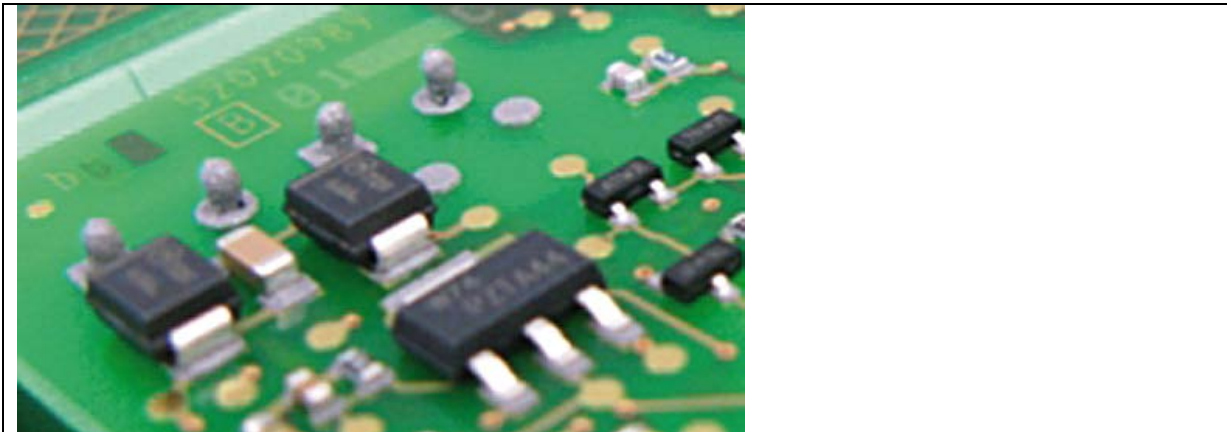


Abb. 8: THD-Bestückung nach dem Pastendruck, LP geflippt

Bauteilvorbereitung und Pastendruck

Für den Pastendruck gilt stets das Ziel, eine ausreichende Lotmenge zum Füllen der Durchkontaktierungen bereitzustellen. Die erwartete Druckqualität muss sich an den Forderungen der IPC-A-610 „Acceptability of Electronic Assemblies“ orientieren. Gute Erfahrungen wurden beim Druck mit Standardlotpasten gemacht, wobei Standardstahlrakel eingesetzt wurden. Bei Endress+Hauser werden sowohl bleifreie als auch SnPb-Lotpasten verarbeitet. Wird eine Volumenerhöhung der benötigten Lotpaste notwendig, kann diese durch die Verwendung partiell dickerer Schablonen, Stufenschablonen (bis zu 300 µm) erreicht werden. Durchaus können auch geschlossene Druckköpfe (Pump Print) oder das Dispensen anstelle des Rakeldrucks eingesetzt werden. Hiermit könnte eine alternative Prozessabfolge realisiert werden:

1. A-Seite: üblicher SMD-Prozess
2. B-Seite: üblicher SMD-Prozess
3. Zusätzlich auf der B-Seite: Pump Print einer niedrigschmelzenden Lotpaste (z.B. SnBi)
 - Leiterplatte drehen – THD bestücken – Leiterplatte drehen – Reflowlöten

Neben der optimalen Länge müssen die Pins natürlich auch gratfrei geschnitten sein, um eine Beschädigung der Durchkontaktierung beim Bestücken zu vermeiden (**Abb. 9**).

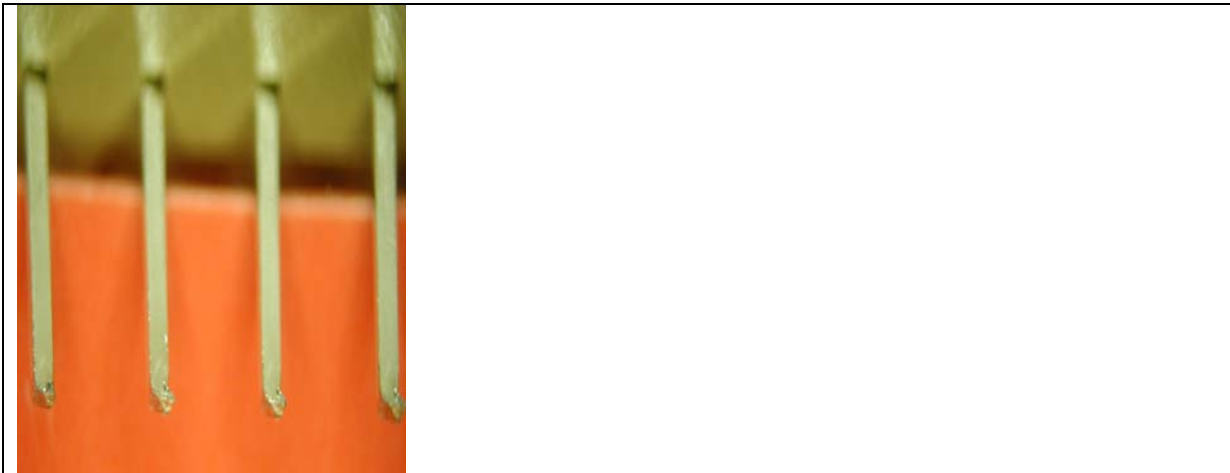


Abb. 9: Grat am Bauteilpin muss vermieden werden

Der Reflowprozess

Die größte Herausforderung beim Reflowlöten thermisch sensibler THD ist sicherlich das prozesssichere Umschmelzen der Lotpaste bei gleichzeitiger Gewährleistung, dass die THD-Packages nicht überhitzt werden. Gelöst wurde dieses Problem bereits vor einigen Jahren mit Hilfe spezieller Reflowlötanlagentechnik, mit der es gelang, Wärme von oben in die Pin-Lötstellen zu transferieren und gleichzeitig die THD-Packages von unten zu kühlen (**Abb. 10**).

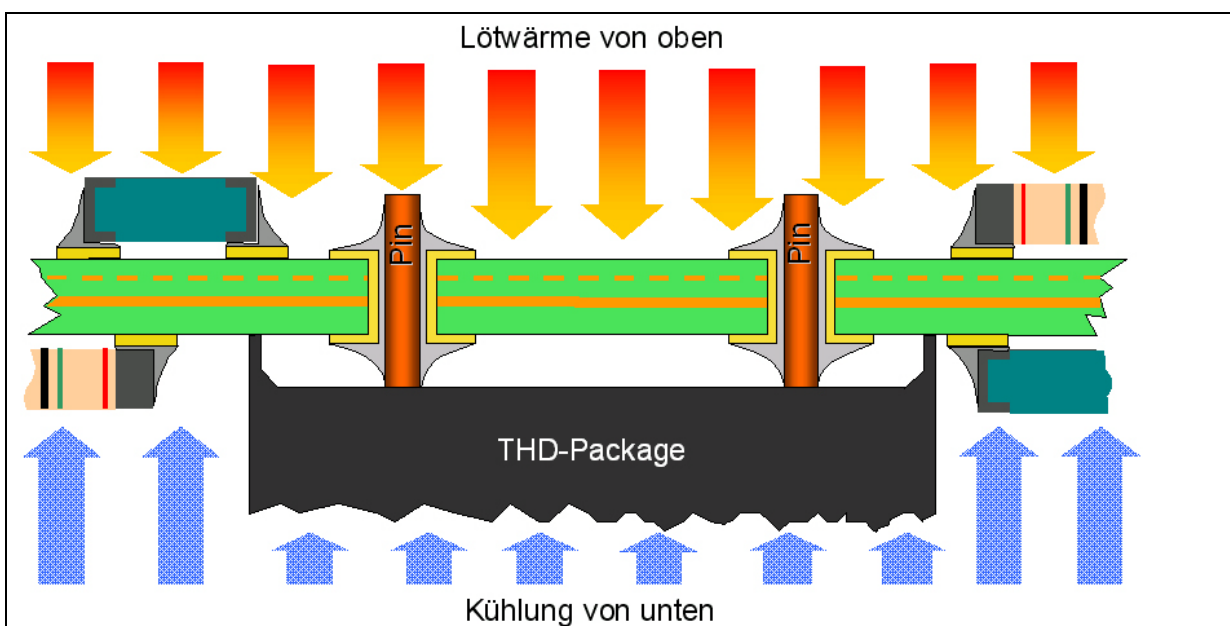


Abb. 10: Wärmemanagement beim BSR-Prozess

Rehm setzte dafür eine aktive Kühlung von unten im Bereich der beheizten Zonen ein und realisierte den benötigten Wärmebedarf mit einer Kombination aus Strahlung und Konvektion von oben. Auf der **Abbildung 11** sind die damals verwendeten Heizfelder mit den Infrarot-Stufenstrahlern zu sehen. Natürlich wird sehr schnell deutlich, dass ein solcher Anlagenaufbau komplexer ist, was einerseits den Anlagenpreis erhöht, andererseits auch den Anwendungsbereich einschränkt.

Dies hat Rehm und Endress+Hauser veranlasst, nach neuen konstruktiven Wegen zu suchen, die letztendlich in der Nutzung einer, im Wesentlichen Standard-VX-Reflowlötanlage mündeten. Die Vorteile liegen sofort auf der Hand:

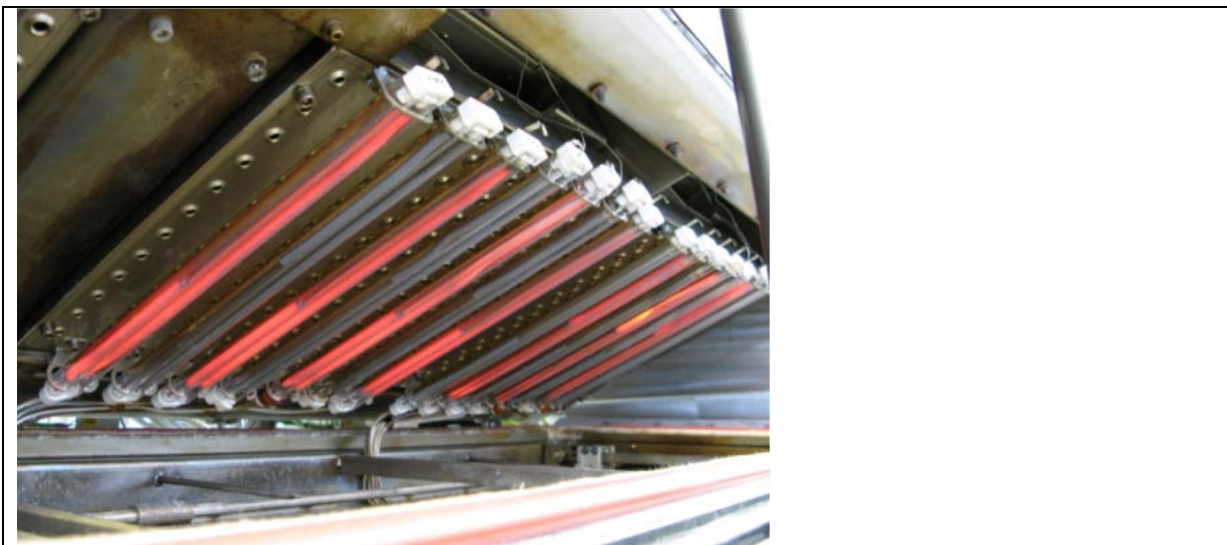


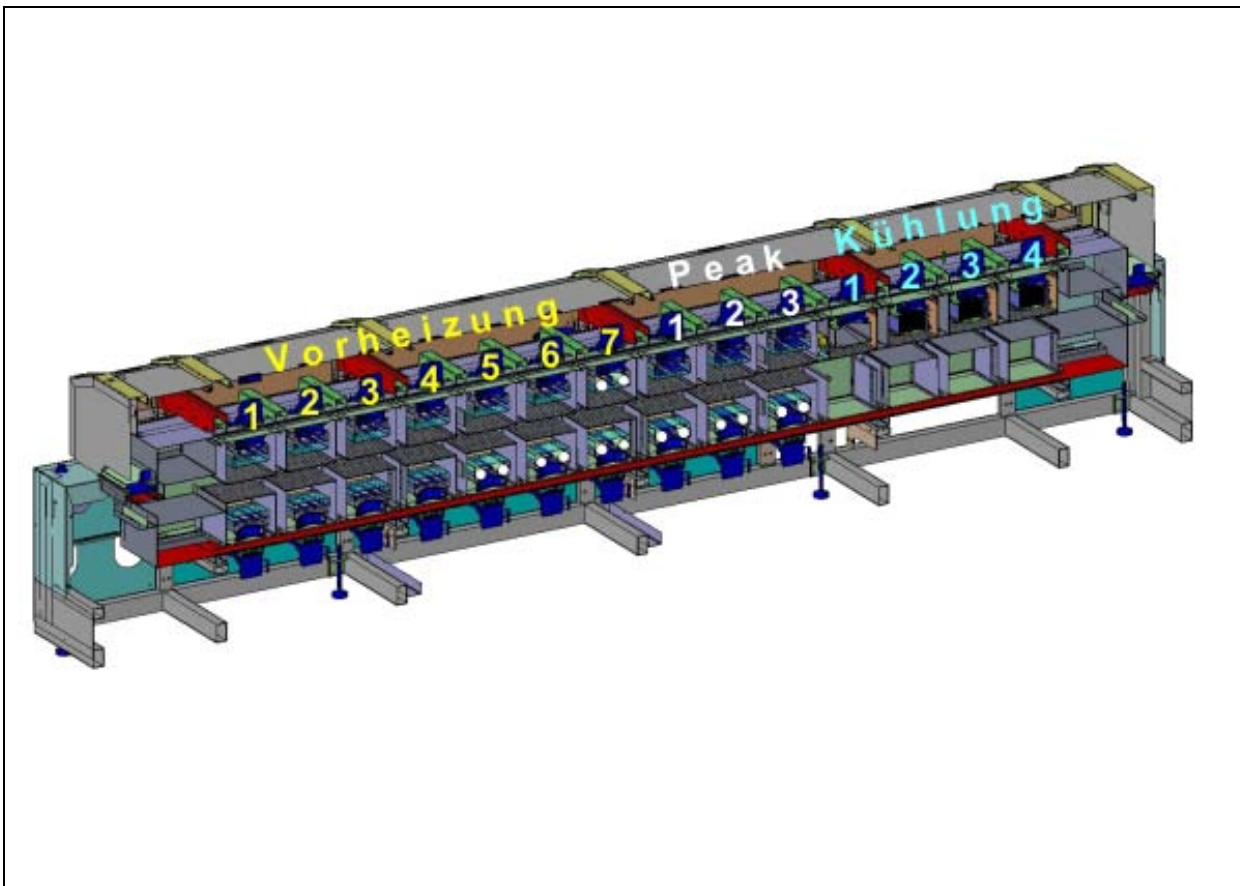
Abb. 11: Kombinierte Heizfelder, Stufenstrahler und Konvektion

- Zusätzlich zum BSR-Prozess kann eine Standard-VX für die meisten anfallenden Reflowaufgaben verwendet werden
- Die Anlagenkosten reduzieren sich
- Das Wärmeübertragungssystem erfüllt höchste Ansprüche und ist auf neuestem Stand der Technik
- Innovationen und Verbesserungen können leicht nachgerüstet werden

Beim BSR-Prozess verzichtet die VX-Technik auch auf die zusätzliche Integration von Infrarot-Strahlern; sie kommt ausschließlich mit konvektiver Wärmeübertragung aus. Die Heiz- und Kühlmodule sind mit Lochblechdüsenfeldern ausgestattet und im Modulraster von 350 mm angeordnet. Die für die thermisch sensitiven THD-Packages notwendige kältere Prozessgasatmosphäre auf der Unterseite der Baugruppe wird durch zusätzliche Luft-Luft-Kühlungen in einigen unteren Heizmodulen realisiert. Auf der **Abbildung 12a** ist eine VX 734 BSR-Anlage schematisch gezeigt, die in den unteren Vorheizmodulen 5, 6 und 7 sowie in den drei unteren Peakzonen mit einer Luft-Luft-Zusatzkühlung ausgestattet ist. In der letzten Vorheizzone (hier 7) ist standardmäßig bei allen Reflowlötanlagen der VX-Baureihe stets eine Zusatzkühlung integriert, die den Zweck erfüllt, das Reflowprofil insbesondere bei extremer Sattelprofilierung zu stabilisieren. Die technischen Erfahrungen mit dieser Kühlung haben maßgeblich zu der Ausstattung der VX BSR-Anlage beigetragen. Auf dem Bildausschnitt

(**Abb. 12b**) sieht man die in die Heizmodule zusätzlich integrierten Kühlrohre, welche von Luft mit Raumtemperatur durchströmt werden. Über Stellschieber können die einzelnen Zusatzkühlungen balanciert werden; die Ausrüstung mit einem über die Software zu steuernden Stellventil, wie es standardmäßig in der oberen Vorheizung verwendet wird, ist optional möglich.

Endress+Hauser hat mit der VX BSR-Anlage sowohl beim konventionellen Reflowlöten, als auch beim BSR sehr gute Erfahrungen gemacht. Da die thermischen Eigenschaften der VX Anlage durch die Zusatzkühlungen nicht eingeschränkt, sondern erweitert werden, sind Qualitätsmerkmale, wie z.B. das Querprofil vergleichbar gut. Das bei einer BSR-Anlagenevaluierung mit einem Standardmessboard gemessene Querprofil betrug $< 3\text{ K}$ (**Abb. 13**).



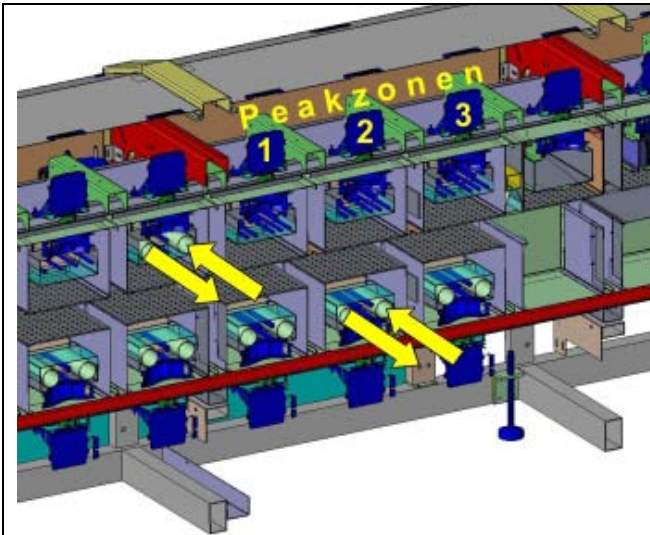


Abb. 12 a-b: VX-BSR Lötanlage mit Luft-Luft-Zusatzkühlern

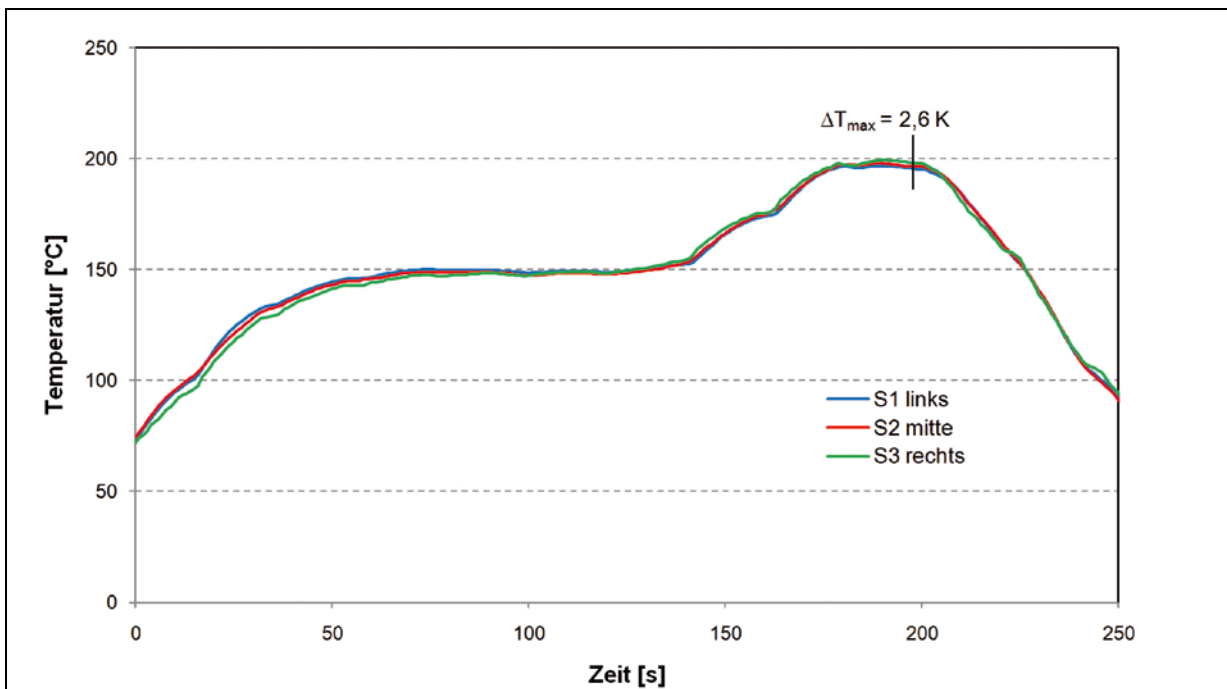


Abb. 13: Querprofil einer VX-BSR Lötanlage

Um das Ziel des BSR-Prozesses zu erreichen, also die kopfüber hängenden THD-Packages nicht zu überhitzen, gleichzeitig aber die Pins zu löten, muss die Anlage einen genügend großen Temperaturunterschied zwischen den Messstellen auf beiden Seiten des Boards realisieren. Sowohl für den SnPb- als auch für den bleifreien Lötprozess gelingt dies in der täglichen Fertigungspraxis bei Endress+Hauser. Auf der **Abbildung 14** ist das Reflowprofil eines mit einem Elko bestückten Boards zu sehen; das Elko-Package durfte in diesem Fall nicht über 170 °C erwärmt werden, während dessen Pins bleifrei gelötet werden mussten. Mit der VX BSR-Anlage konnte ein Temperaturunterschied von > 60 K erreicht werden.

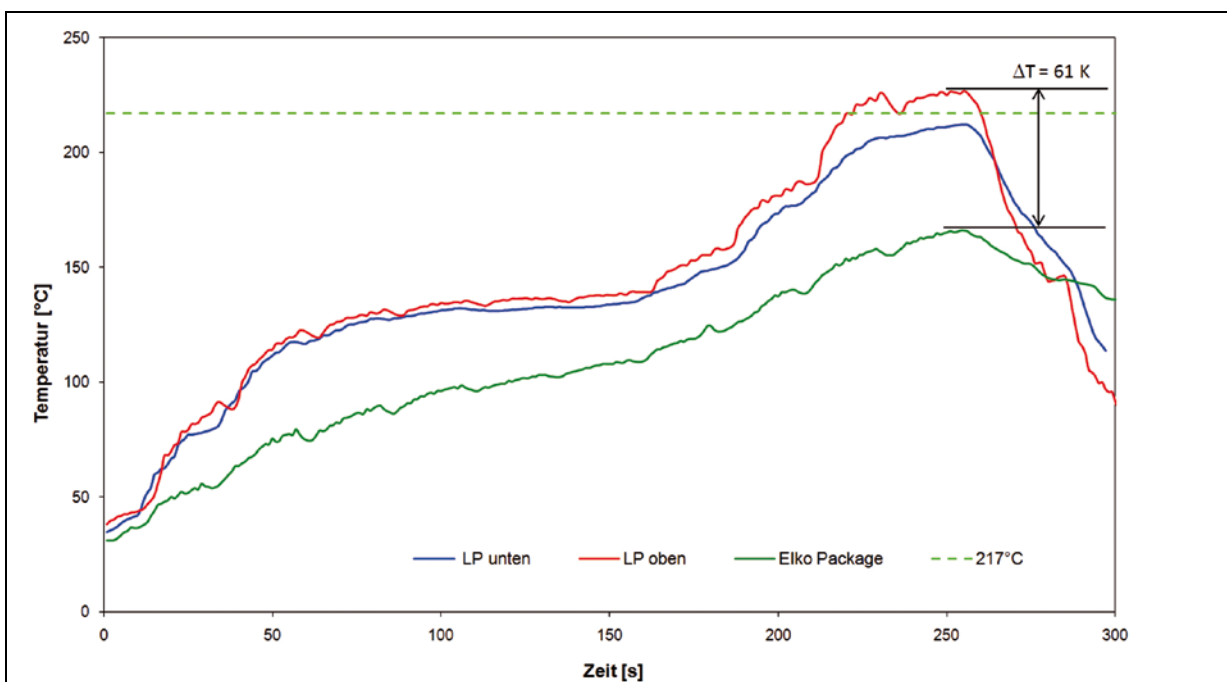


Abb. 14: Bleifreies BSR Lötprofil eines realen Boards

Die in den entsprechenden Heizmodulen aktivierten Zusatzkühlungen sorgen dafür, dass ab der fünften Vorheizzone und innerhalb der Peakzonen eine große Temperaturdifferenz der Zonen-Settings oben und unten eingestellt und gehalten werden kann. So sind durchaus Unterschiede bei den Zonensettings oben und unten in der Vorheizung von > 30 K und im Peakbereich von > 80 K üblich. Die **Tabelle 1** zeigt ein Einstellbeispiel für eine VX 734 BSR:

160	160	160	160	160	160	160	215	255	255	30	25	25	25
160	160	160	155	130	130	135	150	170	170				
v = 850 mm/min													
Tabelle 1: Beispiel für Zonensettings einer VX BSR Anlage													

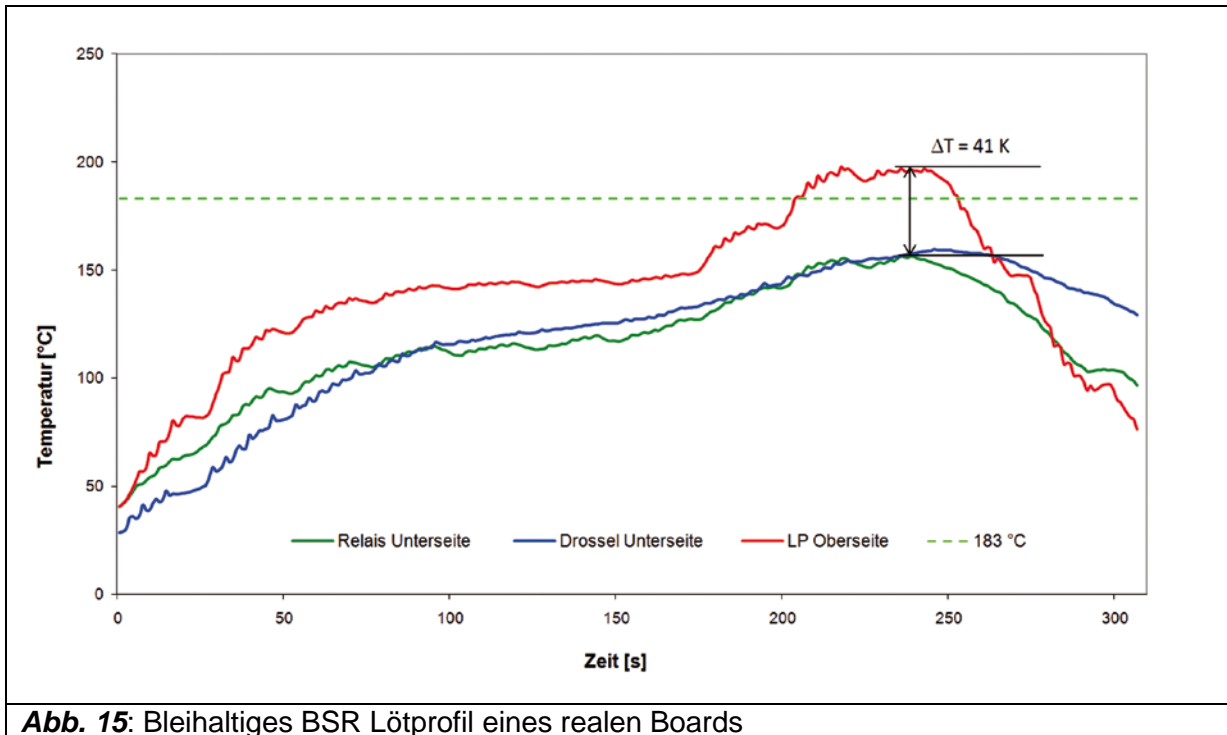


Abb. 15: Bleihaltiges BSR Lötprofil eines realen Boards

Auf der **Abbildung 15** ist das bleihaltiges BSR-Lötprofil eines mit einem Relais bestückten realen Boards zu sehen. Zwischen dem Relaisgehäuse und dem Pin wurde ein Temperaturunterschied von $> 40 \text{ K}$ realisiert.

Neben den BSR Lötaufgaben bewährt sich die Multifunktionalität der VX BSR. Ein Beispiel: Oft müssen während einer Fertigungsschicht Reflowprogrammwechsel durchgeführt werden, bei denen die Reflowlötanlage lange Abkühlzeiten von einem höheren auf ein niedriges Temperaturprofil für sich reklamiert. Für eine wesentlich schnellere Abkühlung können die Zusatzkühlungen in Betrieb genommen werden; die Wartezeit lässt sich so um 50 % reduzieren. Im Vergleich zur VX Standardanlage bietet die VX mit BSR-Funktion auch die Möglichkeit für ein schonenderes Mehrfachlöten von thermisch kritischen SMD-Bauteilen, wie z.B. Elektrolytkondensatoren.

Fazit:

Die Qualität der bleihaltigen als auch die der bleifreien BSR-Lötstellen erfüllt die Anforderungen der Endress+Hauser Kunden. Die BSR Technologie ermöglichte es, auf das Wellenlöten für einige Baugruppen zu verzichten und weiterhin die bewährten thermisch empfindlichen THD einzusetzen. Die Reduzierung der Fertigungsschritte und die Erhöhung des First Pass Yield haben eine Kosteneinsparung ermöglicht. Die Verwendung von Standard-Reflowlötanlagen harmonisiert die Fertigungstechnik und macht teure BSR-Sonderanlagen unnötig. So können die multifunktionalen VX-Reflowlötanlagen sowohl für Standard-Reflowprozesse als auch für Back Side Reflowprozesse eingesetzt werden.

www.rehm-group.com & www.endress.com