

# Eine neue Methode zum Anschluss von Leitungen an SMT-Boards

Bei Oberflächeninspektionen geht der Trend zu immer kleineren Strukturen, die es bis zu Nanometergenauigkeit abzubilden bzw. aufzulösen gilt.

Dieser Artikel beschreibt eine neue Methode zum Anschluss von Leitungen an SMT-Boards. Diese neue Wire-to-Board-Verbindung ist kostengünstiger als alle anderen bisher bekannten Methoden. Sie benötigt nur wenig Platz auf der Platine und widersteht selbst rauesten Umgebungen.

Es gibt viele Möglichkeiten, eine Leitung mit einer Platine zu verbinden. Ein kurzer Überblick über die Vorteile und Beschränkungen der vorhandenen Methoden sorgt für ein besseres Verständnis des neuen Konzepts, wie es in diesem Artikel beschrieben wird.

## Konventionelle Anschlussmethoden

### 1. Stift und Steckbuchse oder Tab und Anschlussbuchse:

Diese Leitungsanschlussmethode besteht aus einem System mit zwei trennbaren Einzelteilen: Ein Teil wird auf der Platine montiert, das entsprechende Gegenstück ist auf der Leitungsseite – normalerweise durch Crimpen - befestigt. Dies ist die am häufigsten verwendete Methode. Sofern sie korrekt ausgeführt ist, ist sie durchaus zuverlässig, trotz ihrer drei Kontaktflächen: Eine ist die gelötete Kontaktfläche zwischen der Platine und dem Kontaktstift und der Anschlussbuchse. Die zweite ist die Kontaktfläche der trennbaren Verbindung

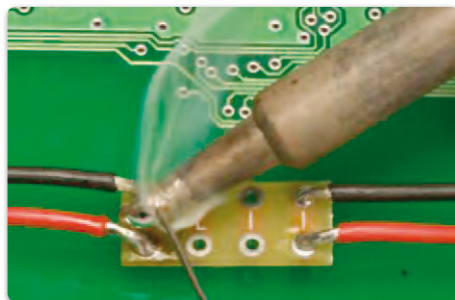


zwischen dem Stift und dem Anschlussstecker. Und die dritte ist die Kontaktfläche zwischen den Leitungsadern und dem Stift.

Der Hauptvorteil dieses Systems besteht darin, dass es sich dabei um eine trennbare Verbindung handelt, die ein häufiges Trennen und Zusammenstecken aushält. Der Nachteil dieser Art von Leitungsanschluss sind seine Kosten. Dies ist die teuerste aller Methoden, weil sie zwei Verbindungskomponenten erfordert, zwei separate Montagen - eine auf der Platine und eine an der Leitung - und schließlich eine letzte Verbindung, um beide Teile zusammenzustecken.

### 2. Leitung direkt an die Platine löten:

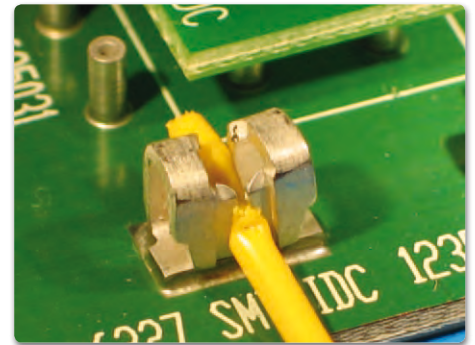
Diese Variante benötigt wenig Platz auf der Platine und besitzt eine einzelne angelötete Kontaktschnittstelle. Der Nachteil ist, dass diese Verbindung in der Regel handgelötet und daher teuer ist. Außerdem hängt die Qualität der Lötverbindung vom jeweiligen Arbeiter ab. Auch gibt es keine Prozesssicherheit und Nachverfolgbarkeit.



Das Anlöten einer Leitung an eine durchkontaktierte Platine ist relativ einfach, da die Leitung im Loch fixiert wird, bei einer SMT-Platine ist es jedoch schwieriger. Die Leitung muss ruhig gehalten werden, bis das Lötzinn fest ist, um die Intaktheit der Lötverbindung sicherzustellen.

### 3. Schneidklemmanschluss (IDC)

Hier wird eine Leitung mit Hilfe eines Schneidklemmanschlusses an einer SMT-Platine angeschlossen. Der Vorteil von IDCs ist, dass sie eine preiswerte Möglichkeit für den Leitungsanschluss bieten. Dieses Verbindungssystem braucht nur eine Komponente, im Unterschied zu der Methode mit Kontaktstift, die zwei Komponenten benö-



**Torsions-Schneidklemmanschluss (IDC Insulation Displacement Connector)**

tigt. Weitere Vor- und Nachteile hängen von der Art des Schneidklemmanschlusses ab.



**Konventioneller IDC**

Der konventionelle Schneidklemmanschluss, wie ihn Abbildung 4 zeigt, funktioniert gut mit einem ganz bestimmten Leitungsdurchmesser in einer „verbindungs-freundlichen“ Umgebung, hält aber keinen rauen Bedingungen stand, wie sie typisch sind für Anwendungen in der Industrie und in Autos.

Außerdem benötigt er ein separates Kunststoffgehäuse als Zugentlastung für die Leitung, so dass ein Teil des Kostenvorteils einer Verbindung mit nur einer Komponente wieder verloren geht.

Der Torsions-IDC [1], zeigt eine Verbesserung gegenüber einem konventionellen Schneidklemmanschluss. Ein einzelner Anschluss kann zuverlässig einen großen Bereich von Leitungsdurchmessern aufnehmen. Er widersteht auch rauesten Umgebungen, wie Erschütterungen, Vibrationen und hohen Temperaturen, wie sie bei Automotivanwendungen vorkommen. Der Anschluss kann mehrere Male getrennt und neu verbunden werden, im Unterschied zum

konventionellen Schneidklemmanschluss. Er kann auch für eine teilweise Zugentlastung sorgen.

Der Nachteil des Torsions-Schneidklemmanschlusses [1] ist sein großer Platzbedarf wegen seines klassischen Torsionskanal-Designs sowie der Tatsache, dass er nur eine teilweise Zugentlastung bietet.

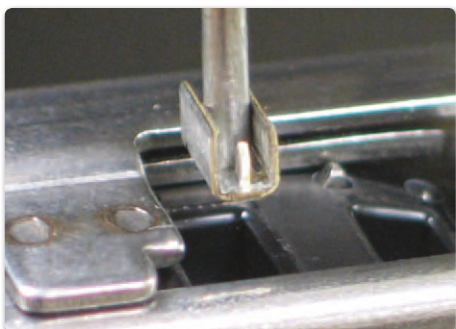
## Schneidklemm-Crimpanschluss für Oberflächenmontage

Wie jedermann in der Branche für das Packaging von Elektronikkomponenten weiß, ist der Druck extrem hoch, immer kleinere, billigere und zuverlässigere elektronische Baugruppen herzustellen. Verbindungen gelten dabei immer noch als eines der schwächsten Glieder in der Kette. Der SMT-Schneidcrimp-Anschluss wurde als Antwort auf die oben genannten Herausforderungen entwickelt und erhielt 2009 sogar den Higgins-Caditz Award verliehen.

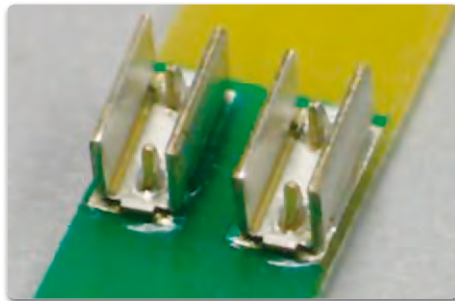


**Crimp IPC (Insulation Piercing Connector)**  
Schneid-Crimpanschluss für Oberflächenmontage (Festmodell ehe er auf der Platine montiert wird).

Der SMT-Anschluss hat eine flache Basis, die für die Oberflächenmontage geeignet ist. Zwei Kontaktdorne für die elektrische Verbindung stehen aus der flachen Basis hervor. Der Anschluss hat zwei Seitenwände, die im rechten Winkel zur Basis angebracht sind. An jeder Seitenwand liegt eine tief eingekerbte Rinne in der Nähe der Basis, parallel zur Anschlussbasis. Innerhalb des Anschlusses, zwischen den beiden Kontaktdornen, gibt es einen flachen Bereich, um die Nozzleaufnahme des Anschlusses durch SMT-Bestückautomaten problemlos zu ermöglichen.



Nach der Platzierung des Anschlusses sowie aller weiterer Komponenten auf der Platine wird die Baugruppe durch einen Reflowofen geschickt, wo alle Komponenten auf der Platine gelötet werden.



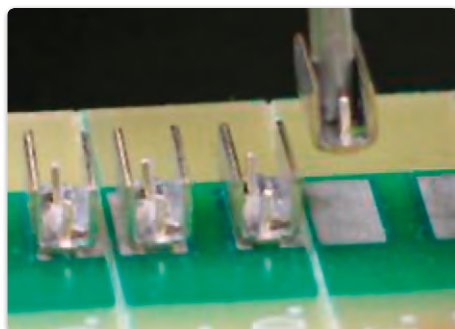
**Anschluss nach dem Reflowlöten**

Das Lot hat sich um die gesamte Basis sowie auch im Innern des Anschlusses in den beiden dreieckigen Löchern ausgebreitet. Diese mehrfach gelöteten Oberflächen halten den Anschluss sicher auf der Platine fest. Die zwei dreieckigen Öffnungen sind beim Stanzen der Kontaktdornen aus dem Basismaterial entstanden.

Diese Öffnungen sorgen nicht nur für zusätzliche Lötzinnbahnen, sondern ermöglichen auch das Entweichen von Gasen. Es ist eine bekannte Tatsache, dass es beim Aufschmelzen der Lötzinnpaste zum Ausgasen kommt. Eingeschlossene Gase wirken sich negativ auf die Integrität von SMT-Lötverbindungen aus, da sie Hohlräume erzeugen. Diese eingeschlossenen Gase treten besonders häufig auf, wenn große flache Oberflächen wie eine Anschlussbasis gelötet werden. Die dreieckigen „Lüftungslöcher“ ermöglichen das Entweichen des Gases, was die Bildung von Hohlräumen minimiert.

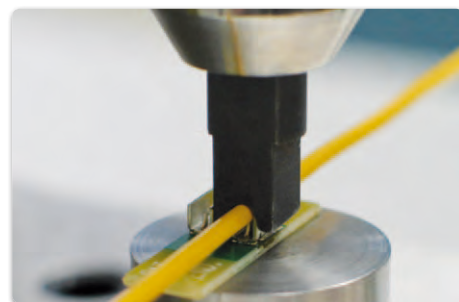
Das Ergebnis ist eine stärkere Verbindung, die widerstandsfähiger gegenüber Temperaturschocks und thermischer Wechselbeanspruchung ist.

Der Anschluss ähnelt zwar einem konventionellen Crimpverfahren, doch handelt es sich hierbei nicht um eine echte Crimpverbindung. Bei einer echten Crimpverbindung wird die Isolierung von den Leitungsadern entfernt. Das Anschluss-Crimpen erfolgt mit einem zweiteiligen Crimpwerkzeug, das aus Dorn und Amboss besteht. Die daraus



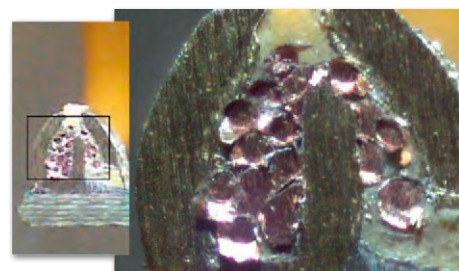
resultierende Hochdruckverbindung ist sehr empfindlich in Bezug auf Form, Abmessungen und Kraft beim Crimpen.

Eine echte Crimpverbindung ist für Oberflächenmontage-Anwendungen nicht besonders gut geeignet. Es wäre schwierig, einheitliche Crimpvorrichtungen zu haben, weil die Dicke von Platine und Lötzinn stark variiert. Darüber hinaus würde die für die Hochdruckverbindung erforderliche Crimpkraft die Platine beim Anschließen der Leitung unerwünschten Komprimierungskräften aussetzen.



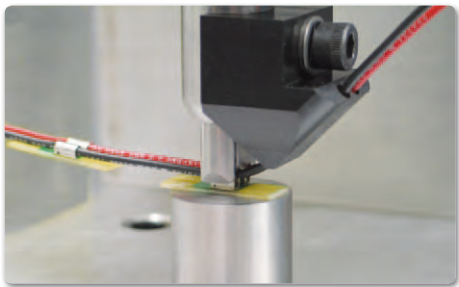
**Abbildung: Crimpen des Anschlusses**

Der hier vorgestellte Anschluss bietet eine Schneidcrimpverbindung. Den Querschnitt der angeschlossenen Leitung zeigt die nachfolgende Abbildung



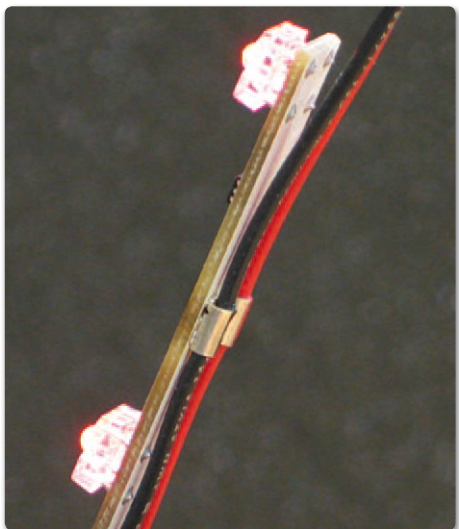
Die Leitung muss vor dem Anschließen nicht abisoliert werden. Die Verbindung wird durch die 2 Kontaktdornen hergestellt, die in die Leitungsadern gepresst werden. Die gebogenen „Crimp-Laschen“ am Anschluss halten die Spitzen in der Leitung und sorgen für eine Zugentlastung des Leiters. Dieses Schneidcrimpverfahren erfordert deutlich weniger Kraft zum Anschließen einer Leitung als konventionelles Crimpen. Daher wird die Stoßbeanspruchung der Platinen-

baugruppe minimiert. Dieses Verfahren bietet eine zuverlässige Verbindung über einen großen Bereich von Crimpkräften hinweg, sodass es nicht empfindlich hinsichtlich der Crimpkraft ist. Es kann bei unterschiedlichsten Stärken von Platine und Lötzinn zum Einsatz kommen.



Während der Produktion ist kein separater Schritt erforderlich, um die Leitung in den Anschluss einzulegen. Vielmehr drückt die Anschlusspresse die Leitung automatisch im Anschluss fest.

Diese Methode ist zwar eine hervorragende und preiswerte Lösung für alle Anwendungen, wo es um eine permanente Leitungsverbindung zu einem SMT-Board, doch das größte Interesse kommt von Seiten der LED-Beleuchtungsbranche.



**Leuchtbuchstaben-Anwendung**

Diese Methode ist besonders gut geeignet, wenn die Leitung durch den Anschluss geführt wird und zahlreiche serielle Verbindungen zu einer einzelnen Leitung hergestellt werden, wie beispielsweise bei Leuchtbuchstaben

## Tests

Im Rahmen des Validierungsverfahrens wurden die folgenden Tests durchgeführt: Festigkeit der Verbindung zwischen Leitung und Anschluss, Festigkeit der Ver-

bindung zwischen Anschluss und Platine, Nennstrom/Erwärmung sowie thermische Wechselbeanspruchung und Kontaktwiderstand.

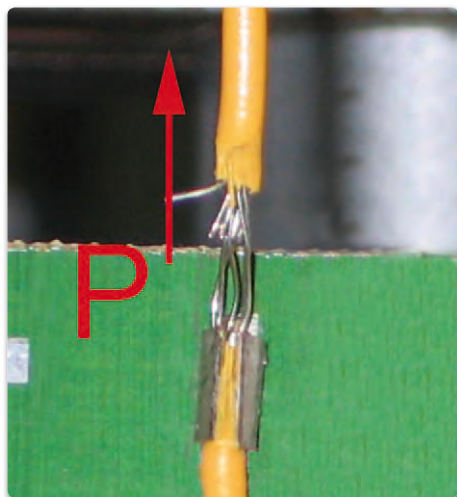
## Festigkeit der Verbindung zwischen Leitung und Anschluss

Der Anschluss wurde auf einer Platine auf dem empfohlen Lötzinnpad mit Hilfe eines 0,006" (0,15 mm) dicken Stempels und nicht-sauberer, bleifreier Lötzinnpaste montiert. Die verwendete Leitung war eine 16-adrige AWG-18-Litze mit halbsteifer PVC-Isolierung.

a) Zugtests an zehn Mustern maßen die direkt axiale Zuglast in Pfund.

Folgende Kräfte wurden gemessen: 16,90 (75 N), 17,70 (79 N), 19,02 (85 N), 21,90 (97 N), 18,70 (83 N), 17,90 (80 N), 20,70 (92 N), 19,30 (86 N), 18,90 (84 N), 20,90 (93 N).

Die Schwachstelle war, dass PVC-Leitung und Isolierung abrisen, während der angecrimte Teil im Anschluss verblieb.



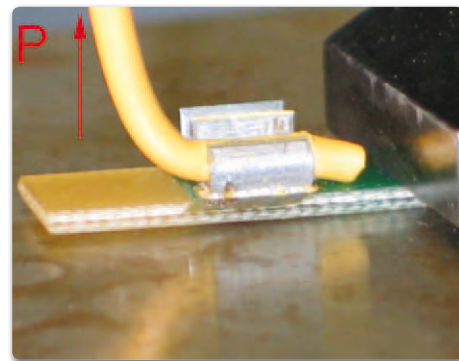
**Axialer Zugtest**

b) Zugtests maßen die radiale Zugbelastung senkrecht zur Achse des Anschlusses, wobei die Zugkraft von der Oberfläche der Platine weg wirkte. Folgende Belastungsdaten wurden gemessen (in Pfund): 15,92 (71 N), 16,09 (72 N), 14,56 (65 N), 16,01 (71 N), 15,48 (69 N), 15,31 (68 N), 14,88 (66 N), 15,93 (71 N), 16,02 (71 N), 14,86 (66 N). Hier war die Schwachstelle, dass die PVC-Isolierung von der Leitung abris und der angecrimte Anschluss beim Herausziehen der Leitung etwas deformiert wurde.

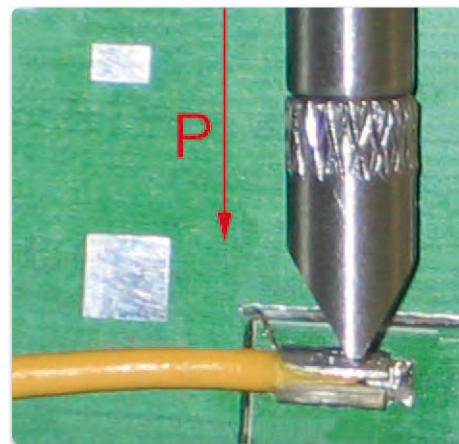
## Festigkeit der Verbindung zur Platine

Dieser Test wurde auf zwei Arten durchgeführt: Einmal mit am Anschluss ange-

crimpter Leitung, einmal ohne angecrimte Leitung am Anschluss. Es gab keinen Unterschied hinsichtlich der Haltekraft beim Anschluss mit und ohne angecrimte Leitung. Daher hat das Crimpen keinen Einfluss auf die Haltekraft des Anschlusses.



a) Druckbelastung wurde senkrecht zur Achse des Anschlusses parallel zur Oberfläche der Platine ausgeübt, während dieser auf einer Platine oberflächenmontiert war.



Folgende Belastungsdaten wurden gemessen (in Pfund): 39,22 (174 N), 49,76 (221 N), 40,09 (178 N), 35,58 (158 N), 39,29 (175 N), 54,09 (241 N), 44,10 (196 N), 41,07 (183 N), 51,22 (228 N), 49,88 (222 N).

Hier erwies sich die Lötverbindung als Schwachstelle. Das Kupferpad verblieb auf der Platine und der Anschluss wurde nicht deformiert.

b) Druckbelastung wurde entlang der Achse des oberflächenmontierten Anschlusses ausgeübt.

Die Belastungsdaten (in Pfund): 21,56 (96 N), 22,49 (100 N), 32,52 (145 N), 30,19 (134 N), 30,91 (138 N), 38,48 (171 N), 29,99 (133 N), 31,19 (139 N), 29,58 (132 N), 32,11(143 N). Siehe Abbildung 17.

Die Abnahmeanforderung ist, dass die Haltekraft zwischen Anschluss und Platine mindestens 50% größer sein muss als die Haltekraft zwischen Leitung und Anschluss. Sämtliche Ergebnisse übertragen diese Anforderung.

Ampere	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8
15	16,3	16,5	18,5	16,9	20,1	15,8	19,0	18,1
16	21,6	35,5	36,2	28,7	29,2	26,7	24,8	24,3
18	22,4	37,8	39,1	30,0	31,2	28,7	26,5	31,3

**Tabelle 1: Temperaturanstieg jedes Anschlusses (in °C):**

## Feststellen der Strombelastbarkeit

Der Erwärmungstest wurde durchgeführt, um die maximale Strombelastbarkeit zu bestimmen. Dabei wird der maximale Strom ähnlich wie beim UL-310-Standard bei einem Temperaturanstieg um 30 °C gegenüber der Umgebungstemperatur festgestellt. Zehn angecrimpte Anschlüsse wurden in Reihe mit einer 18-AWG-Litze verbunden. Die Umgebungstemperatur wurde zuerst gemessen und betrug 23,8 °C. Die Testmuster wurden dann mit einem Netzgerät verbunden. Der Strom wurde stufenweise erhöht, wobei immer eine Zeit lang abgewartet wurde, bis sich die Anschluss-temperatur stabilisiert hatte. Die Temperatur jedes Anschlusses wurde mit Hilfe eines Wärmefühlers aufgezeichnet. Die Leitungstemperaturen wurden zu Referenzzwecken ebenfalls aufgezeichnet. Die aufgezeichnete Leitungstemperatur bei 16 Ampere betrug 43,1 °C. Die aufgezeichnete Leitungstemperatur bei 18 Ampere betrug 49,7 °C.

### Fazit:

Wenn man sich die Rohdaten für jeden Test und jede Testumgebung anschaut, dann

empfiehlt es sich, diesen Anschluss mit einer Stromstärke von maximal 15 Ampere zu verwenden. Die zehn aufgezeichneten Temperaturen lagen alle deutlich unter dem Temperaturanstieg um 30 °C für die verwendeten Stromstärken.

## Thermische Wechselbeanspruchung

Empfindliche Kontaktwiderstandsmessungen wurden am oberflächenmontierten und angecrimpten Anschluss vor und nach thermischer Wechselbeanspruchung durchgeführt. Die Messpunkte lagen in der Nähe der Kante des Lötzinnpads auf der Platine und an der Leitung, etwa 6 mm vom Anschluss entfernt. Hier die tatsächlichen Messwerte in Milliohm. Es wurde kein Bahnwiderstand von den Messwerten abgezogen.

Vor der Temperaturwechselbeanspruchung: 9,0, 10,7, 11,0, 9,0, 10,5, 10,7, 9,5, 11,4, 11,2, 9,3.

Die Anschlüsse wurden dann tausendmal einem Temperaturwechsel ausgesetzt. Wegen der extremen Temperaturen war dies eher ein Test mit Temperaturschock als mit thermischer Wechselbeanspruchung. Die

Testmuster wurden eine halbe Stunde lang in eine 90 °C heiße Kammer gelegt. Dann beförderte sie ein Mechanismus innerhalb von einer Minute in eine -50 °C kalte Kammer, wo die Testmuster eine halbe Stunde lang verblieben.

Hier die Widerstandsmesswerte in Milliohm nach 1000 Zyklen: 9,7, 11,5, 12,0, 10,0, 11,4, 11,8, 10,1, 12,5, 12,3, 10,2.

### Fazit

Der Schneid-Crimpschluss für die Oberflächenmontage ist eine zuverlässige und effiziente Alternative zu vorhandenen Methoden für den Anschluss von Leitungen an Platinen.

### Referenzen

[1] J. Legrady: "A New Type of Very High Reliability 'Torsion IDC' Which Can Accept a Large Range of Wire Gauges", Proceedings of Connector & Interconnection Technology Symposium, 1989, S. 337

Muster und weitere Informationen über die Zierick Vertretung Werner Wirth GmbH in Hamburg.

► *Werner Wirth GmbH*  
*www.wernerwirth.de*

### Autor:

**Janos Legrady**  
**Zierick Manufacturing Corporation**  
**Mount Kisco, New York, USA**