

Tunnelkonzept garantiert niedrige Restsauerstoffwerte und stabiles thermisches Verhalten

# Eine neue Dimension des Wellenlötens

Jürgen Friedrich, Ers, Wertheim

*Die Weiterentwicklung im Bereich der SMD-Bauelemente ist enorm, doch gibt es ein beharrliches Segment an Bauteilen, die entweder grundsätzlich nicht als SMDs herstellbar sind oder die die erforderliche Lötwärmebeständigkeit für den Reflowlötprozess nicht aufweisen. Um diese THT-Bauteile, wie die SMDs, voll automatisiert verarbeiten zu können, ist nach wie vor die Wellenlöttechnologie gefragt. Sie stellt, allen Unkenrufen zum Trotz, ein sehr wirtschaftliches Massenlötverfahren dar, auch wenn sich seit Einführung der Schutzgaslöttechnik in den 80er Jahren nichts grundlegend Neues abgezeichnet hat.*

Mit Einführung der bleifreien Lotwerkstoffe wurde sehr schnell erkennbar, dass die Prozessfenster der Lötprozesse wesentlich kleiner sind als die der bleihaltigen Lötprozesse. Die Ursache dafür ist häufig in dem höheren Lötwärmebedarf und der nicht wesentlich höheren Lötwärmebeständigkeit der Baugruppen zu suchen. Will man die Prozessfenster vergrößern, muss entweder die Lötwärmebeständigkeit der Baugruppe durch Wahl geeigneter Bauteile erhöht werden, oder die Wärmeübertragung in den Lötprozessen muss effektiver gestaltet werden, um die Delta Ts zu reduzieren. Dabei darf allerdings nicht vergessen werden, dass im Vergleich zum Reflowlöten die Wechselwirkungen der Prozessparameter beim Wellenlöten noch um ein Vielfaches komplexer sind. Auch beim Wellen-

löten bietet die Anlagentechnik Potenziale zur Steigerung der Wärmeübertragung und kann damit helfen die Prozessfenster zu vergrößern. Der gesamte Wellenlötprozess lässt sich so auf ein breiteres Fundament stellen, was die Absicherung der Prozesse einfacher gestaltet und den Spielraum der Parameterfindung erweitert.

Unter löttechnischen Gesichtspunkten stellt die Schutzgas-Volltunnelanlage immer das Nonplusultra dar. Die steigenden Verkaufszahlen im Bereich der Schutzgas-Wellenlötanlagen über die vergangenen Jahre bekräftigten diese Sichtweise. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass viele Baugruppen aufgrund ihrer Einfachheit den Einsatz von Stickstoff nicht rechtfertigen. Diese Baugruppen können nach wie vor auch in offenen at-

mosphärischen Anlagen verarbeitet werden. Das neue Anlagenkonzept der Ers Powerflow ermöglicht nun erstmals diese, bereits im Ansatz, grundlegend unterschiedlichen Maschinenkonzepte zu realisieren, und ist damit aufgrund des modularen, variablen Designs die gemeinsame Basis von der High-End-Schutzgaslötanlage bis hin zur offenen atmosphärischen Wellenlötanlage. Nicht zuletzt waren es die extremen Randbedingungen bleifreier Baugruppen und die hohen Anforderungen des Marktes in Bezug auf Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Qualität eines modernen Lötensystems, die den Startschuss zur Entwicklung der Powerflow gaben.

## Anlagenkonzept der Powerflow N2

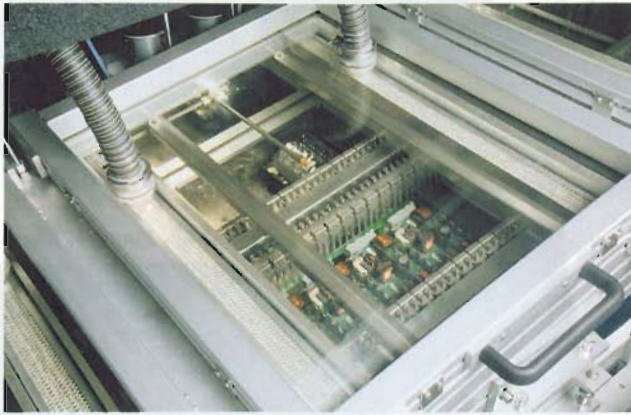
Die Basis einer neuen Maschinengeneration stellt immer die höchste Ausbaustufe dar, von der ausgehend dann die Anlagen mit geringeren Anforderungen abgeleitet werden. In der Powerflow-Familie ist dies die Volltunnel-Schutzgaslötanlage Powerflow N2 (Bild 1). Diese Serie basiert auf einem modularen Konzept. Das bedeutet für den Anwender grundsätzlich, dass die Maschinenkonfiguration genau auf seinen Anwendungsfall hin optimiert und abgestimmt werden kann. Mittelpunkt ist das geschlossene Tunnelsystem, das die frei konfigurierbare Vorheizung, das Löttagregat und den Abstieg beinhaltet. Der Sprühflüxer ist nicht in den Tunnel integriert, um Verschmutzungen vom Tunnel fernzuhalten. Die konsequente Umsetzung des modularen Konzeptes ermöglicht es, die Maschine für Transportzwecke zu trennen. Die so entstehenden Einheiten sind „liftgerecht“, d.h. der Transport oder ein späterer Umzug der Anlage gestalten sich damit sehr einfach.

## Volltunnel – warum?

Wie bereits dargelegt, bietet die unter Schutzgas betriebene Volltunnelanlage die optimalen Voraussetzungen für den bleifreien Wellenlötprozess, wobei die Höhe des Restsauerstoffgehaltes eine entscheidende Rolle spielt. Je geringer der Restsauerstoffgehalt in der Prozesszone, desto besser die Randbedingungen für den Prozess. Geringer Restsauerstoff bedeutet geringe Oxidation, geringe Oxidation wiederum bessere Benetzungseigenschaften der Fügepartner. Soll nun der Sauerstoff aus der Prozesszone einer Wellenlötanlage nahezu gänzlich verdrängt werden, muss diese zunächst als hermetisch dichter Tunnel ausgeführt sein (Bild 2). Um die für den Betrieb erforderlichen niedrigen Restsauerstoffwerte stabil zu gewährleisten, ist der Prozesstunnel permanent mit reinem Stickstoff zu spülen. Die Stickstoffversorgung der



Bild 1: Ers Powerflow N2-Volltunnel-Wellenlötensystem



**Bild 2: Löten in der gut einsehbaren, jedoch hermetisch abgeschlossenen Prozesszone**

Anlage arbeitet im Standard als Stellung, d.h. mit konstantem Durchfluss. Optional kann ein Restsauerstoffmessgerät eingebaut werden, das in einem weiteren optionalen Schritt zur Regelung des Restsauerstoffgehaltes im Prozesstunnel eingesetzt werden kann. Ein weiterer Vorteil des Volltunnels ist die Erhöhung der thermischen Effektivität. Bedingt durch den geschlossenen Anlagentunnel werden Wärmeverluste massiv reduziert und die zur Vorwärmung der Baugruppen erforderliche abgegebene Wärmeenergie ist im Vergleich zu offenen Anlagen geringer.

### Herausforderung Vorheizung

Eine große Herausforderung bei der Entwicklung der Powerflow N2 war, die thermische Stabilität des Prozesses über einen langen Zeitraum zu gewährleisten, um die engen bleifreien Prozessfenster sicher einhalten zu können. Die Masse des Prozesstunnels absorbiert, bedingt durch physikalische Grundgesetze, Wärmeenergie der Vorheizungen, bis sich idealerweise ein thermisches Gleichgewicht einstellt. Ein thermisches Gleichgewicht wird allerdings im Tunnel in der Praxis nicht erreicht, da die Heizungen abhängig vom Durchsatz permanent mit unterschiedlichen Zyklen und Parametern ein- und ausgeschaltet werden. Die in den Tunnel eingebrachte Wärmeenergie ist somit nicht konstant. Damit sind auch die thermischen Randbedingungen im Tunnel nicht konstant, und es ist nicht einfach, Baugruppen im Mixbetrieb unter diesen sich ständig ändernden Bedingungen immer exakt auf die erforderlichen Temperaturen vorzuheizen. Um dennoch konstante Vorheiztemperaturen auf gleichen Baugruppen gewährleisten zu können, ist ein hoher apparativer und regelungstechnischer Aufwand erforderlich. Um die Reproduzierbarkeit und die Stabilität des Prozesses zu garantieren, werden deshalb die Erwärmung des Anlagentunnels an geeigneten Stellen erfasst und die Temperaturen der Vorheizmodule über komplexe Algorithmen entsprechend kompensiert.

Zur Prozessüberwachung und Dokumentation der Baugruppentemperaturen ist am Ende der Vorheizstrecke optional ein Pyrometer verfügbar. Mit dieser Option kann, aus Gründen der Rückverfolgbarkeit, jeder Baugruppe ihre Vorheiztemperatur zugeordnet werden. Die Länge der Vorheizstrecke der Powerflow N2 ist in einem Bereich von 1,8 bis 2,4 m frei konfigurierbar. Bild 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Tunnels und der flexibel konfigurierbaren Vorheizstrecke.

Bei den Heizmodulen kann zwischen mittel- und

kurzweligen Strahlerheizungen sowie Konvektionsmodulen gewählt werden. Die Anzahl und die Reihenfolge der Heizkassetten ist dabei innerhalb der Vorheizstrecke frei wählbar. Die mit kurzweligen IR-Strahlern ausgerüsteten dynamischen Vorheizmodule bieten den großen Vorteil, dass sie annähernd träge los unterschiedliche Energiemengen im Bereich von

0 bis 100% übertragen können. Dies ist vor allem im Mixbetrieb mit unterschiedlichsten Baugruppen von Vorteil, da die Geschwindigkeit des Transportsystems nicht verändert werden muss. Die Konvektionsmodule im Tunnel der Powerflow N2 können von unten und oben installiert werden. Sie bieten generell die gleichen Vorteile wie im Reflowprozess, wo die Konvektionstechnologie seit Jahren Stand der Technik ist und die Möglichkeit bietet, auch massereiche Baugruppen schonend und gleichförmig zu erwärmen. Die Lüftermotoren der Module sind drehzahlregelt, sie ermöglichen so unterschiedliche Wärmetransferraten bei konstanter Temperatur, was wiederum ein großer Vorteil beim gemischten Durchsatz von Baugruppen ist.

### Prozessgasreinigung

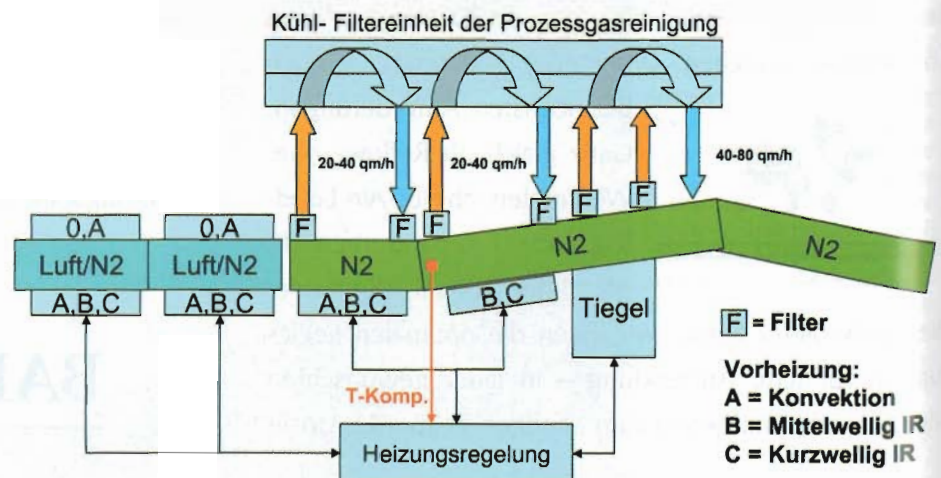
Eine permanente Schwierigkeit geschlossener Anlagenkonzepte ist die Verschmutzung der Prozesszonen durch Flussmitteldämpfe, Ausgasungen des Basismaterials, Stäube usw. Schlagen sich diese Verschmutzungen auf den Baugruppen nieder, können sie unter ungünstigen Umständen zu ernsthaften Defekten führen. Ein modernes, zukunftsorientiertes Lötssystem wie die Powerflow N2 muss derartige Effekte sicher ausschließen. Deshalb wurde zur Behandlung der Prozessgasatmosphäre ein mehrstufiges Reinigungssystem entwickelt.

In den beiden Vorheizzonen vor dem Lötaggregate und im Lötmodul wird ein Teil der Atmosphäre ständig abgesaugt, in einem Zentralmodul gereinigt und den gleichen Modulen wieder zugeführt.

Die Besonderheit liegt darin, dass die drei Gasströme dabei nicht vermischt werden und der Restsauerstoffgehalt im Lötmodul deshalb sehr niedrig bleibt. Verschmutzungen werden so effektiv aus der Prozessatmosphäre entfernt und zentral abgeschieden (Bild 3). Ein Nebeneffekt der Prozessgasreinigung ist deren positive Auswirkung auf die Temperaturkompensation der Baugruppentemperaturen unter Berücksichtigung der Temperatur des Prozesstunnels. Der permanente Austausch der Atmosphäre verhindert die Überhitzung der Prozessgasatmosphäre und hilft damit die thermischen Verhältnisse im Tunnel zu stabilisieren. Die Temperaturkompensation der Vorheizung arbeitet so unter konstanteren Bedingungen.

### Der Sprühfluxer

Sprühfluxsysteme repräsentieren seit Jahren den Stand der Technik. Betrachtet man die Systeme jedoch genauer, bieten auch sie eine breite Palette an Verbesserungsoptionen, die in der Powerflow N2 konsequent realisiert wurden. Das zeigt sich bereits beim mechanischen Aufbau. Hier wurde gezielt auf die Vermeidung von unnötigen Ecken und Kanten geachtet, um die Reinigung des Systems so einfach wie möglich zu gestalten. Flussmittelnebel werden unterhalb der Leiterplatte vor und nach dem Sprühkopf sowie oberhalb der Leiterplatte abgesaugt. Die Filterelemente sind aus Metallgewebe und damit wasch- und wiederverwendbar. Die Zugänglichkeit zu den Sprühköpfen und zu deren Antriebseinheit gestaltet sich sehr einfach, da die gesamte Einheit auf Teleskopschienen bequem seitlich aus der Anlage herausgezogen werden kann. Maximal ist das System mit zwei Sprühköpfen und getrennter Flussmittelversorgung ausgerüstet (Bild 4). Das Flussmittel kann in den Originalgebinden von bis zu 10 l direkt in die Maschine gestellt werden. Das Niveau in den Gebinden wird über kontaktlose Sensoren überwacht. Zu den Sprühköpfen wird das Flussmittel über Dosierpumpen gefördert, wobei die Fördermenge im Lötprogramm frei programmierbar ist. Die Fördermenge selbst wird über Durchfluss-Sensoren gemessen, angezeigt und protokolliert. Die Bewegung der Sprühköpfe unterhalb der Leiterplatte erfolgt über eine Lineareinheit mit einer sehr genauen elektronischen Positionierung. Die Programmierung der zu besprühenden Fläche kann auf verschiedene Arten erfolgen. Im Lötprogramm wird



**Bild 3: Funktionsschema des Schutzgastunnels**

entweder über eine grafische Oberfläche sehr einfach die zu besprühende Fläche eingegeben, oder die zweite, elegantere Lösung ist das Einscannen des Lötrahmens auf dem Transportsystem vor dem Fluxer durch einen Lichtvorhang. Lage und Größe der Baugruppe werden so für den Fluxprozess vollautomatisch erfasst, ohne jeglichen programmier-technischen Eingriff des Bedieners.

## Löttaggregat

Im Bereich des Lötmoduls greift die Powerflow N2 auf bewährte Doppelwellen-Löttechnik zurück. Dennoch wurde das Löttaggregat komplett neu konstruiert und den Anforderungen und Wünschen des Marktes angepasst. So kann der Abstand zwischen Löt Düsen und Leiterplatte von au-



**Bild 4: Für höchste Anforderungen bleifreier Lötprozesse ausgelegte Sprühfluxereinheit**

Ben eingestellt werden, ohne die Notwendigkeit den Tunnel zu öffnen. Mechanische Justierarbeiten an der Lötwellenhöhe werden damit zu Arbeiten von wenigen Minuten, ohne jegliche Stillstands- und Wartezeiten. Für Wartungsarbeiten wird das Löttaggregat elektrisch abgesenkt und auf einem Anstellbock aus der Maschine herausgefahren. Die Zugänglichkeit für Wartungs- oder Reparaturarbeiten ist sehr gut. Ein entsprechender Schutz aller mit Lot in Berührung kommenden Teile vor den aggressiven bleifreien Lotwerkstoffen ist in der Powerflow N2 selbstverständlich.

## Transportsystem

Im Bereich der Leiterplatten-Transportsysteme kann zwischen Rahmen- und Fingertransport gewählt werden. Beide Transportsysteme können nach der Vorheizung getrennt werden. In diesen Fällen besitzt das Transportsystem des Lötmoduls einen eigenen Antrieb. Damit sind unterschiedliche Geschwindigkeiten im Flux-/Vorheizbereich und im Lötmodul einstellbar. Der Transfer von Baugruppen oder Lötrahmen an den Trennstellen der Transportsysteme wird überwacht. Hier können für jeden Sensor individuelle Ein- und Ausschaltverzögerungen programmiert werden, um das Überwachungsverhalten an die wahren Gegebenheiten in der Maschine anzupassen.

Das Fingertransportsystem ist auf das Lötmodul beschränkt. Die kurze Bauweise bietet Vorteile im Bereich des Durchsatzes im Mixbetrieb, da hier, im Vergleich zu längeren Fingertransporten, die Geschwindigkeit früher umgeschaltet werden kann. Es ist für Wartungsarbeiten leichter auszubauen,

und es sind weniger Finger im Einsatz.

Die übrigen Transportsysteme basieren bei beiden Varianten auf bewährten Stiftkettentransporten, die wartungsarm und zugleich zuverlässig arbeiten. Gurttransporte kommen auf Grund der hohen Temperaturbelastung in den bleifreien Prozessen generell nicht zum Einsatz.

## Steuerung

Die Steuerung der Maschine wird von einer modernen SPS übernommen, die sämtliche Funktionen der Lötanlage regelt/steuert und überwacht. Die Visualisierung sowie die Datenein- und -ausgabe erfolgt durch einen PC, der via Netzwerk mit der Maschinen-SPS kommuniziert. Optional wird hier ein Industrie-PC angeboten, der speziell auf

die Anforderungen in einer Fertigungsumgebung angepasst ist. Touchscreen-Bedienung und USV sind hier ebenso selbstverständlich wie ein Netzwerkanschluss zum Speichern von Daten auf einem Server oder die Möglichkeit zur Fernwartung.

Die völlig neu entwickelte Software bietet dem Anwender Features wie Lötprogrammverwaltung, Störungsprotokoll, Prozessschreiber, Benutzerverwaltung, Lötprotokoll, eine Schaltuhr mit individuellen Einschaltzeitpunkten für jede einzelne Heizung der Anlage sowie das Monitoring aller am CAN-Bus angeschlossenen Motoren. Damit lassen sich auf Knopfdruck z. B. Motorstrom, Drehzahl und Motortemperatur eines beliebigen Antriebes in der Maschine anzeigen, ohne ein Messgerät in die Hand nehmen zu müssen. Dies ist ein gutes Beispiel dafür, wie das moderne Steuerungskonzept dazu beiträgt, die Wirtschaftlichkeit einer Produktionsanlage zu steigern.

## Ausblick

Die Powerflow N2 ist die ultimative Lösung für anspruchsvolle bleifreie Lötprozesse. Das Tunnelkonzept garantiert niedrigste Restsauerstoffwerte und durch die intelligente Temperaturkompensation der Eigenerwärmung ein sehr stabiles thermisches Verhalten der Baugruppen. Enge Prozessfenster werden größer, die Stabilität, Reproduzierbarkeit und Qualität steigen. Das modulare Anlagenkonzept ermöglicht die individuelle Anpassung der Lötanlage an die Anforderungen des Anwenders. Unterschiedliche Vorheizkonzepte und -längen runden diese Modularität ab. Sprühfluxsystem, Löttaggregat und Transportsystem basieren auf langjährig bewährter Ersa-Technik, wurden aber von Grund auf neu konstruiert und den Anforderungen und Wünschen des Marktes angepasst. Nicht zuletzt ist auch das moderne Steuerungskonzept mit ausschlaggebend, dass die Powerflow N2 ein sehr wirtschaftliches, modernes Wellenlötssystem darstellt.

**Productronica, Stand A3.578**

[www.ersa.de](http://www.ersa.de)