

THT-Fertigung und die Suche nach der optimalen Produktions- und Inspektionsstrategie

## THT-Fertigung – Altes Prinzip, neue Qualität!

### Vorwort

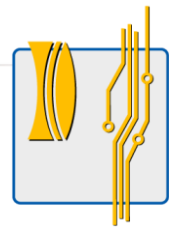
Betrachtet man die Vielfalt aller elektronischen Baugruppen, so lässt sich eindeutig feststellen: Trotz permanenter Miniaturisierung und Erhöhung der Integrationsdichte sind THT-Bauteile noch immer auf einer beträchtlichen Anzahl an Baugruppen präsent. Umso befremdlicher erscheint jedoch die Antwort auf die Frage nach der Sicherstellung der Fertigungsqualität für diese Bauelemente. Klassischerweise wird entweder gar nicht oder manuell sichtkontrolliert. Beides ist unter heutigen Qualitätsansprüchen nicht mehr akzeptabel. Dieser Fakt wirkt umso schwerer, da THT-Baugruppen in sensiblen Bereichen – gerade auf dem Gebiet der Leistungselektronik – nach wie vor Einsatz finden.

### Einsatz von THT in der Solarbranche

Unverzichtbar sind diese Baugruppen u.a. in der Solarindustrie. Dort werden z.B. die Wechselrichter in THT-Technologie gefertigt. Diese Wechselrichter wandeln, vereinfacht gesagt, den von den Solarmodulen ankommenden Gleichstrom in einspeisefähigen Wechselstrom. Da solche Wechselrichter zum Teil in sehr entlegenen Gebieten eingesetzt werden und ein Austausch langwierig und teuer ist, muss ein reibungsloser Betrieb sichergestellt werden.

Bei der SMA Solar Technology AG, dem weltweit führenden Hersteller von Wechselrichtern, wird schon bei der Bestückung und Lötung sehr viel Wert auf die Qualität der Baugruppen gelegt, weswegen die Automatische Optische Inspektion (AOI) als Prüfverfahren eingesetzt wird. Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Herangehensweisen der AOI von THT-Baugruppen:

Zum ersten wird die komplett gefertigte Baugruppe nach dem Lötprozess inspiziert. Dabei werden sowohl die Lötstellen als auch die Bauelemente auf Anwesenheit und Lagerichtigkeit überprüft. Für den Fertigungsprozess ist es enorm wichtig, dass die Baugruppen ohne zusätzliches Handling von beiden Seiten inspiziert werden können. Fehlerhafte Baugruppen werden aussortiert und an einem separaten Arbeitsplatz nachgearbeitet.



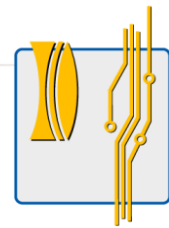
Die zweite Möglichkeit ist die Prüfung in zwei Schritten. Dabei werden die Bauelemente zunächst direkt nach der Handbestückung, d.h. noch vor dem Lötén, inspiziert. Eventuell auftretende Fehler, etwa verpolte, fehlende oder falsche Bauelemente, können direkt und ohne Werkzeug korrigiert werden. Erst nach dieser Prüfung werden die Baugruppen dem Lötprozess zugeführt und im Anschluss deren Lötstellen inspiziert.

In der Regel wird die Bestückung der THT-Boards an mehreren Handarbeitsplätzen durchgeführt, was zu verschiedenen Möglichkeiten der Organisation der optischen Inspektion führt. Am naheliegendsten ist eine zentrale Prüfung der Bauelemente direkt vor dem Lötén.



*Bild 1: Inselfertigung mit AOI-System OptiCon THT-Line*

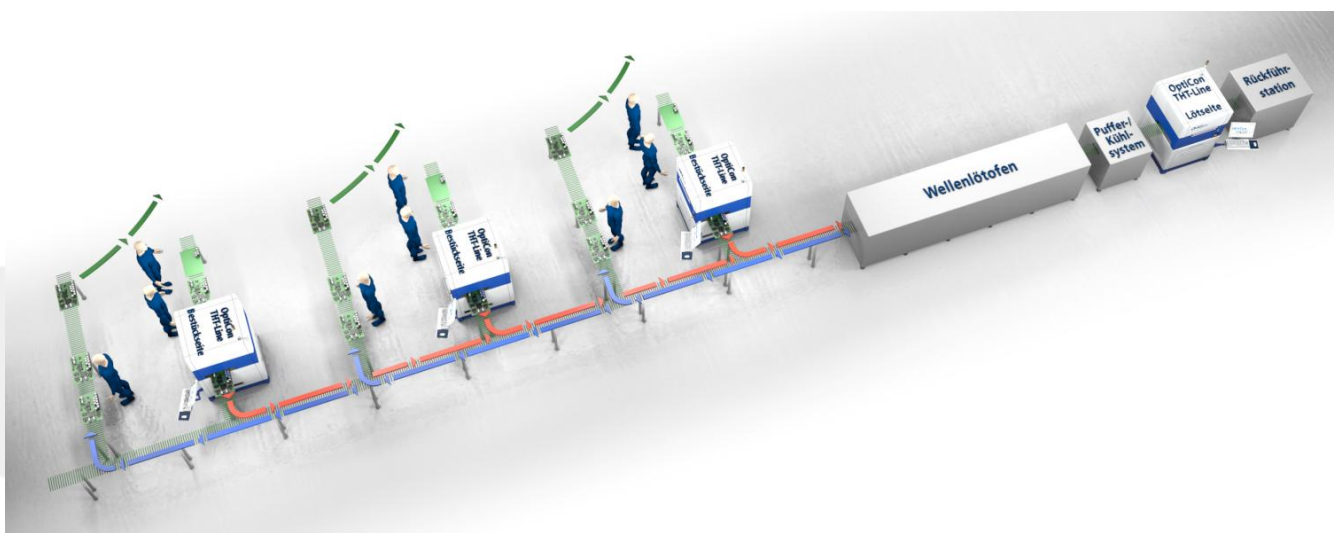
Dabei werden alle Baugruppen der Handbestückplätze auf dem Haupttransportband zusammengeführt und dort direkt vor der Wellenlötanlage inspiziert. Alle fehlerhaften Baugruppen werden an dieser Stelle ausgeschleust und nachgearbeitet. Ein wesentlicher Vorteil dieser Strategie ist, dass nur ein optisches Inspektionssystem für alle Bestückarbeitsplätze notwendig ist. Nachteilig ist, dass erstens zur notwendigen Nacharbeit ein zusätzlicher Reparaturarbeitsplatz eingerichtet und besetzt werden muss, und zweitens keine direkte Rückkopplung zwischen festgestellten Fehlern und dem Verursacher existiert. Eventuelle Unachtsamkeiten bei der Bestückung können



zwar sicher festgestellt und beseitigt werden, treten aber immer wieder auf, da der Verursacher dieser Fehler nicht selbst für die Beseitigung verantwortlich ist. Nach dem Löten werden die Lötstellen der Baugruppen inspiziert und die festgestellten Auffälligkeiten an einem weiteren Platz klassifiziert. Zum direkten Reparieren ist an dieser Stelle keine Zeit, da die Puffergröße begrenzt ist und die Werkstückträger zum weiteren Bestücken benötigt werden. Die Baugruppen werden nach der Klassifizierung aus den Werkstückträgern entnommen und dem weiteren Prozess zugeführt. Die fehlerhaften Baugruppen werden an einem oder mehreren separaten Plätzen repariert.

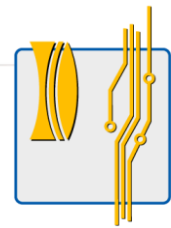
### AOI für THT – wo liegen die Vorteile?

Um diese nur bedingt vorhandene Regelschleife deutlich zu verkürzen, kann nach jedem Handbestückplatz ein optisches Inspektionssystem installiert werden. Die Vorteile liegen auf der Hand: Direkt nach dem Bestücken werden die Baugruppen manuell in das AOI-System geführt und entsprechend überprüft. Fehlerhafte Baugruppen gelangen nicht auf das zentrale Transportband, sondern werden aus dem Prozess entnommen und sofort am jeweiligen Arbeitsplatz nachgearbeitet. Erst wenn das AOI-System keine Auffälligkeiten mehr anzeigt, wird die Baugruppe aus dem Gerät ausgefahren und dem Haupttransportband zugeführt.



*Bild 2: Schema Inselfertigung bei SMA Technology*

Damit wird eine extrem kurze Regelschleife bei der Bestückung gewährleistet. Das Personal am Handbestückplatz erhält somit die Möglichkeit, auf fehlerhafte Bestückungen hingewiesen zu werden und folglich diese zu eliminieren. Dadurch



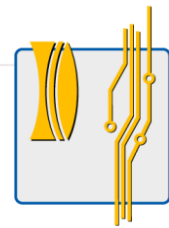
sinken perspektivisch die Fehlerrate und damit die notwendige wenn auch kurze Zeit der Nacharbeit deutlich. Serienfehler können sich auf diese Art und Weise gar nicht erst einschleichen.



Bild 3: Schema Bestück- und Nacharbeitsplatz

Nach dem Lötvorgang und nachfolgender Lötstelleninspektion werden die Werkstückträger inklusive der Baugruppen unterhalb der Fertigungslinie zurücktransportiert und mit Hilfe der auf den Werkstückträgern befindlichen RFIDs (Radio Frequency Identification) den Handbestückungsplätzen zugeordnet. An den dort befindlichen Klassifizierungs-/Reparaturplätzen werden die Seriennummern der Baugruppen gescannt und die entsprechenden Datensätze aus der Fehlerdatenbank angezeigt. Das ermöglicht die Klassifizierung und gegebenenfalls sofortige Reparatur der Fehler.





## Klassifizierung von Fehlerdaten anhand Seriennummern

Wie sieht es nun bei den letzten beiden Varianten mit der Zuordnung der Fehlerdaten zu den Seriennummern aus? Eine Möglichkeit besteht darin, in jedes optische Inspektionsgerät ein Barcodelesegerät zu integrieren. Eleganter wird dies durch die bereits im System befindliche Kamera erledigt. Da aber Etiketten und deren Aufbringung auf die Baugruppen in der Masse teuer sind, werden sie normalerweise nur auf einer Seite – und zwar der Bestückseite – angebracht.

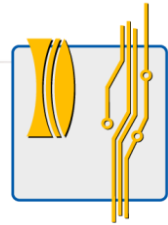
Wie kann ein AOI-System nun die richtigen Seriennummern detektieren? Die Möglichkeit des Einsatzes eines externen Scanners hat den Nachteil, dass ohne immensen Aufwand (Verfahren des Scanners in X- und Y-Richtung) das Lesen von mehreren Seriennummern auf einer Baugruppe unmöglich ist.

Die Lösung des Problems besteht im Zwischenspeichern der Seriennummern zwischen der Bestückseiten-AOI und der Lötstellen-AOI.

THT-Baugruppen werden in den meisten Fällen in Werkstückträgern transportiert. Diese Träger sind mit eindeutigen Nummern auf RFID-Tags oder separaten Barcodes versehen. Diese kleinen, sich immer mehr verbreitenden „Funkhelferlein“ werden in der THT-Fertigung dazu benutzt, um die Lötanlagen auf unterschiedliche Lötprofile je nach Baugruppe einzustellen. Das ist notwendig, da üblicherweise eine THT-Fertigung nicht wie eine SMD-Linie „sortenrein“ produziert. Die einzelnen Baugruppen können teilweise stark variieren, weswegen eventuell auch ein anderes Lötprofil benötigt wird, um eine bestmögliche Lötqualität sicherzustellen.

Mit der Kamera, die im AOI-System die Bestückseiten (Baugruppenoberseite) prüft, wird die Seriennummer eingelesen und mittels eines Lesegeräts der RFID ausgelesen. Die Werkstückträger-ID wird nun zusammen mit den gelesenen Seriennummern der Baugruppe in einer Datenbank gespeichert. Die Kamera zur Inspektion der Lötstellenseite (Baugruppenunterseite) liest ebenfalls den RFID aus und holt sich aus der Datenbank die entsprechenden Seriennummern ab. Wahlweise kann natürlich der Werkstückträger auch mit Hilfe eines auf ihm angebrachten Barcode-Etiketts identifiziert werden.

Mit den richtigen Seriennummern versehen können die Datensätze an den jeweiligen Klassifizierungs- bzw. Reparaturplätzen aufgerufen werden. Um eine vollständige Rückverfolgbarkeit der Baugruppen zu gewährleisten, werden an jeder Station die



Inspektionsdaten einer Baugruppe – versehen mit der richtigen Seriennummer – an ein übergeordnetes MES-System gesendet.

### **Gelebte Praxis**

Für die hier aufgezeigten Varianten der Qualitätskontrolle im THT-Fertigungsprozess werden AOI-Systeme der OptiCon-Serie der Firma GÖPEL electronic seit mehreren Jahren erfolgreich in der Fertigung bei SMA Solar Technology eingesetzt. Aufgrund der vielfältigen Konfigurationsvarianten dieser Systemfamilie wurden sie in optimaler Form an den jeweiligen Fertigungsprozess angepasst. Somit lässt sich zusammenfassend feststellen, dass der Einsatz von AOI-Systemen im THT-Prozess zum einen ein wichtiger Baustein für die Qualitätskontrolle der Produkte darstellt, zum anderen aber eine flexible Integration dieser Systeme an die jeweiligen Fertigungsgegebenheiten erfordert. Beides garantieren die AOI-Systeme von GÖPEL electronic.