

Qualität entsteht im Prozess – nicht am Ende

Prozessintegrierte Qualitätssicherung als Stabilitätsfaktor in der Fertigung



© DPV Elektronik-Service GmbH

KI-generiert

Eine fehlerfreie Baugruppe entsteht nicht erst in der Endprüfung, sondern in jedem einzelnen Fertigungsschritt. Moderne Prüfverfahren können Fehler zwar sichtbar machen, jedoch nicht mehr korrigieren. Mit steigender Miniaturisierung, höheren Packungsdichten und komplexeren Leiterplatten wird die Beherrschung der Prozesse zu einer immer größeren Herausforderung.



Autor:
Matthias Eichhorn:
ESD Consultant & Sales Manager
Zertifizierter ESD-Techniker
DPV Elektronik-Service GmbH
info@dpv-elektronik.de
www.dpv-elektronik.de

Qualität als Teil des Prozesses

Ziel moderner Qualitätssicherung ist es, Abweichungen frühzeitig zu erkennen und ihre Entstehung zu verhindern. Qualität wird damit nicht nur geprüft, sondern ist ein entscheidender Teil des Prozesses. Dies erfordert eine durchgängige Betrachtung aller Fertigungsschritte – von der Materialanlieferung bis zur Endprüfung.

Wareneingang und ESD als Ausgangspunkt

Die Grundlage stabiler Fertigungsprozesse wird bereits beim Wareneingang gelegt. Neben der Prüfung von Bauteilen, Verpackungen sowie Dokumentationen (Zertifikate, Abnahmeprotokolle etc.) spielt insbesondere der Schutz der zu verarbeitenden Bauteilen/Komponenten vor elektrostatischer Entladung (ESD) eine zentrale Rolle.

ESD-Ereignisse verursachen häufig latente Schäden, die zunächst unentdeckt bleiben und erst später im Feld zu Ausfällen führen. Schätzungen zufolge sind bis zu einem Drittel aller Elektronikausfälle direkt oder indirekt auf ESD zurückzuführen. Ein konsequent umgesetztes ESD-Schutzkonzept entlang der gesamten Prozesskette reduziert das beschriebene Ausfallrisiko erheblich und ermöglicht reproduzierbare Fertigungsprozesse.

Prüfprozesse als integrierte Kette

Auf dieser Grundlage begleitet die Qualitätssicherung den gesamten Fertigungsablauf. Bereits vor der Bestückung kontrolliert die „Solder

Paste Inspection“ (SPI) den Lotpastendruck und verhindert, dass fehlerhafte Druckbilder in eine weitere Prozessstufe gelangen. Da ein Großteil aller Lötfehler durch den Pastendruck entsteht, zählt SPI zu den wichtigsten prozessbegleitenden Prüfverfahren.

Während der Bestückung überwachen moderne Anlagen kontinuierlich den Prozesszustand. Nach dem Reflow prüfen „Automated Optical Inspection“ (AOI) und „Automated X-Ray Inspection“ (AXI) Bauteilpositionen sowie verdeckte Lötstellen, etwa unter BGA- oder QFN-Gehäusen. Ergänzend verifizieren „In-Circuit-Tests“ (ICT) und „Functional Circuit Tests“ (FCT) die elektrische Funktion der Baugruppe unter realen Bedingungen.

Die Prüfverfahren greifen dabei ineinander und bilden eine geschlossene Prozesskette. Jede Prüfstufe liefert Informationen für nachgelagerte Schritte und ermöglicht es, Abweichungen frühzeitig zu erkennen. Je früher ein Fehler detektiert wird, desto geringer sind Korrekturaufwand und somit auch die Folgekosten.

Traceability schafft Prozessbeherrschung

Der Nutzen der Prüfprozesse entfaltet sich erst vollständig durch strukturierte Datennutzung. Die Kombination von konsequentem ESD-Schutz und statistischer Prozesskontrolle wird zur Grundlage stabiler Fertigungsprozesse.

Dokumentierte Prüfergebnisse sowie Chargen- und Seriennummernüberwachung ermöglichen eine schnelle Ursachenanalyse und vollständige Rückverfolgbarkeit jeder Baugruppe. Ergänzend sichern Prozessfähigkeitskennzahlen wie Cp und Cpk sowie kalibrierte Prüfmittel die langfristige Prozessstabilität. Methoden wie der 8D-Report, das Ishikawa-Diagramm oder die 5-Why-Analyse unterstützen die systematische Prozessverbesserung. Die Qualität wird damit exakt messbar und kann präzise gesteuert werden.



© DPV Elektronik-Service GmbH

KI-generiert



Digitalisierung als Erweiterung der Prozessqualität

Die zunehmende Digitalisierung erweitert klassische Methoden um eine datenbasierte Prozesssteuerung. Moderne Inspektionssysteme wie SPI, AOI und AXI erzeugen kontinuierlich Prozess- und Qualitätsdaten, die zentral erfasst und ausgewertet werden. Im „Manufacturing-Execution-System“ (MES) werden diese Informationen mit Material-, Maschinen- und Traceability-Daten zusammengeführt und schaffen Transparenz über den gesamten Fertigungsprozess.

Darauf aufbauend entsteht ein direkter Mehrwert für die Fertigung: Qualitätsdaten entwickeln sich vom Dokumentationsinstrument zum aktiven Produktionsfaktor. Prozessabweichungen werden früher sichtbar, Anlaufphasen neuer Produkte verkürzen sich, Ausschuss und resultierende Nacharbeit sinken. Ungeplante Stillstände lassen sich vermeiden. Im Sinne eines „Closed-Loop-Manufacturing“ fließen die gewonnenen Erkenntnisse kontinuierlich in die Prozessoptimierung zurück und ermöglichen eine vorausschauende Qualitätsregelung.

Auf dieser Grundlage kommen zunehmend Verfahren der künstlichen Intelligenz und des „Machine Learnings“ zum Einsatz. Sie erkennen Muster in großen Datenmengen, identifizieren schleichende Prozessveränderungen und unterstützen die Prognose potenzieller Fehlerquellen. Ergänzt durch IoT-Sensorik sowie RFID-, QR-Code- und Edge-Technologien, lassen sich Abweichungen nahezu in Echtzeit erfassen und Maßnahmen direkt in die Fertigung zurückführen. Dadurch können Maschinenparameter schneller angepasst, Ausschuss reduziert und Produktionsunterbrechungen vermieden werden. Die Qualitätssicherung entwickelt sich damit von der reaktiven Fehlererkennung hin zur vorausschauenden Prozessregelung.

Im Mittelpunkt stehen die Planung und Ausstattung ESD-gerechter Arbeitsumgebungen sowie der sichere und normenkonforme Umgang mit elektronische Baugruppen und Komponenten – von der Lagerung bis zum Versand. Dazu gehören Schutzausrüstung, Mess- und Prüftechnik, Zutrittskontrollsysteme sowie Schulungen, ESD-Begehungen und Auditierungen.

Fazit

Wer Qualität ausschließlich am Ende der Fertigung prüft, reagiert zu spät. Nachhaltige Qualität entsteht dort, wo Prozesse kontinuierlich überwacht, Daten systematisch genutzt und Abweichungen frühzeitig korrigiert werden.

Das Zusammenspiel aus prozessintegrierter Prüftechnik, konsequentem ESD-Schutz, statistischer Prozesskontrolle, vollständiger Rückverfolgbarkeit und digitaler Datennutzung macht die Überwachung der Qualität zu einem beherrschbaren Produktionsprozess. Künstliche Intelligenz und datenbasierte Analytik werden diesen Wandel weiter beschleunigen und die Qualitätssicherung zunehmend von der Fehlererkennung hin zur intelligenten Prozessoptimierung entwickeln.

Qualität ist kein Zufall, sondern das Ergebnis beherrschter Prozesse. ◀

Erfolgsfaktoren prozessintegrierter Qualitätssicherung

Qualität entsteht nicht durch einzelne Prüfungen, sondern durch das Zusammenspiel aller Prozessschritte:

- **ESD-Schutz konsequent umsetzen**
Geerdete Arbeitsplätze, Personenerdung und geeignete Verpackung reduzieren das Risiko latenter Schäden.
- **Prüfverfahren intelligent kombinieren**
SPI, AOI, AXI, ICT und FCT ergänzen sich entlang der gesamten Fertigungskette.
- **Prozesse statistisch überwachen**
Kennzahlen wie Cp und Cpk machen Abweichungen früh sichtbar und steuerbar.
- **Rückverfolgbarkeit sicherstellen**
Chargen- und Seriennummernüberwachung sowie dokumentierte Prüfergebnisse ermöglichen schnelle Ursachenanalysen.
- **Qualitätsdaten digital nutzen**
MES-, KI- und IoT-Systeme schaffen die Grundlage für eine vorausschauende Prozessregelung.

Praxisnahe Umsetzung entlang der Prozesskette

Die praxisnahe Umsetzung eines wirksamen ESD-Schutzes erfordert entlang der gesamten Prozesskette geeignete Prüfverfahren, Betriebsmittel sowie organisatorische und administrative Maßnahmen. Überall dort, wo elektronische Baugruppen und Komponenten entwickelt, gefertigt, gelagert, transportiert oder gehandhabt werden, unterstützt die DPV Elektronik mit Lösungen für einen normgerechten ESD-Schutz.

