Xplain Data
Discover Causality

SIEMENS ERLANGEN – ANWENDERBERICHT

PCB-PRODUKTION: WIE SIEMENS MOTION CONTROL DURCH CAUSAL AI DIE 5 SIGMA WALL DURCHBRICHT

Xplain Data GmbH
Grünlandstr. 27
85604 Zorneding
info@xplain-data.com
xplain-data.com

FEHLERRATE UNTER 5-SIGMA GESENKT

Die Einführung von Causal AI hat ein neues Kapitel in der Leiterplattenproduktion aufgeschlagen. Im Werk Erlangen ist es gelungen, im Rahmen eines PoC-Projekts die Fehlerrate in der PCB-Herstellung unter die anspruchsvolle 5-Sigma Wand zu senken. Ein Beispiel, das zeigt, wie eine ganzheitliche Datenanalyse und KI-gestützte Root Cause Analysis neue Maßstäbe in der Produktionsoptimierung setzt.

Als Vorreiter in der digitalen Transformation setzt Siemens Motion Control in Erlangen auf Causal AI, um die Produktionsprozesse zu revolutionieren. Durch die lückenlose Verknüpfung und Analyse aller Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette wird eine neue Ebene der Transparenz und Effizienz erreicht. Das Ergebnis: Höchste Produktqualität, beschleunigte Prozesse und ein entscheidender Wettbewerbsvorteil.

Abb. 1: Elektronikproduktion, Siemens Erlangen

Das Siemens-Werk in Erlangen, ein digitales Vorzeigewerk, konzentriert sich auf die Produktion von hochpräzisen Antrieben für die Automatisierung und Bewegungssteuerung im industriellen Umfeld. Herzstück dieser Antriebe sind speziell entwickelte Leiterplatten. Deren Herstellung ist ein komplexer - und damit auch fehleranfälliger – Prozess:

1. *Bedruckung der Leiterplatte mit Lötpaste mittels einer produktspezifischen Schablone*
2. *Überprüfung der Menge und Position der Lötpaste für jeden Bauteilkontakt*
3. *Platzierung der elektrischen Bauteile auf der Platine (50 - 1.500 Bauteile pro Platine)*
4. *Verlötung der Leiterplatte im Reflow Verfahren entsprechend produktspezifischen Temperaturprofilen*
5. *Identifizierung von fehlerhaften Bauteilplatzierungen, Lötbrücken und offenen Lötstellen in der abschließenden automatischen optischen Inspektion (AOI)*

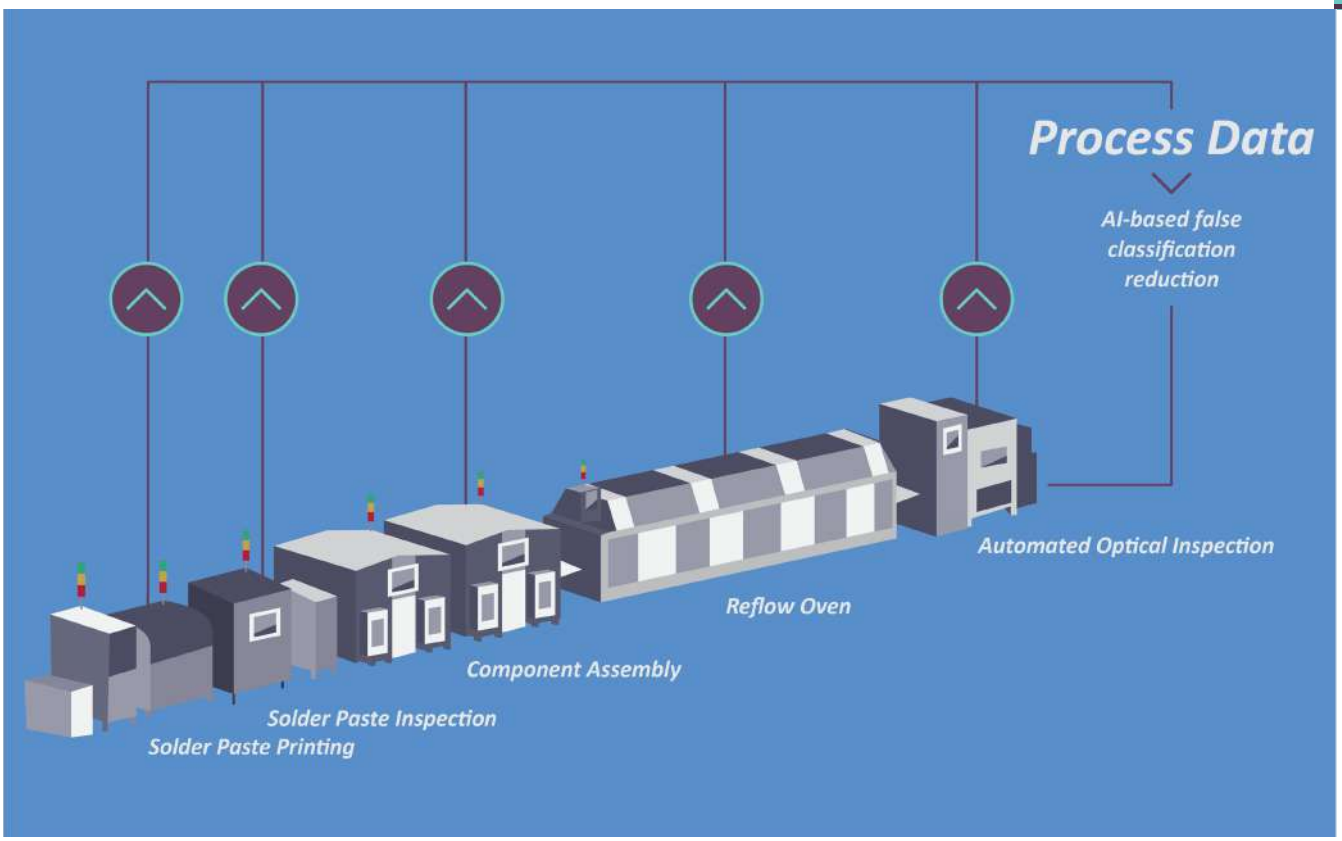


Abb. 2: Typische PCB-Produktionslinie mit automatischer optischer Inspektion (AOI)

Obwohl der Produktionsprozess der Leiterplatten eine hohe Stabilität aufwies, entsprachen die Ergebnisse nicht den gesteckten Qualitätszielen. Um eine Fehlerquote von weniger als 3,4 pro Million Möglichkeiten zu erreichen und damit Six-Sigma-Niveau zu etablieren, war eine tiefgreifende Überarbeitung der Qualitätskontrolle und eine umfassende Datenanalyse notwendig.

DAS DATEN-PUZZLE: EINE HERAUSFORDERUNG FÜR DIE PRODUKTION

Die tägliche Erfassung von 500 Millionen Datenpunkten in der Leiterplattenproduktion generiert zwar eine Fülle an Informationen, konnte jedoch weitgehend nur isoliert betrachtet werden.

Eine datengetriebene Problemanalyse entlang einer Produktionslinie erforderte bislang einen hohen manuellen Data-Engineering-Aufwand, um alle Datenquellen zu integrieren und eine ganzheitliche Basis zu schaffen. Dadurch blieb ein ganzheitliches Verständnis der Produktionsprozesse und die Identifikation von versteckten Optimierungspotenzialen meist auf der Strecke.

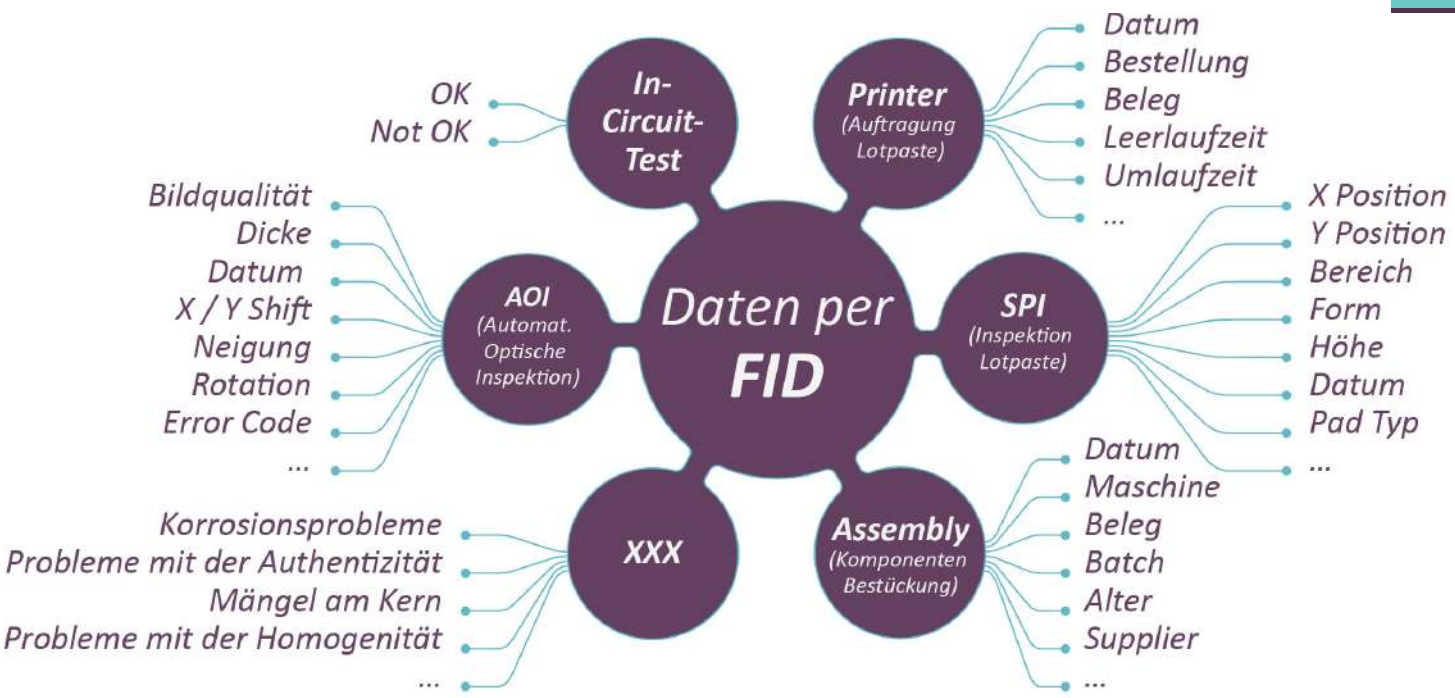


Abb. 3.: Produktionsschritte mit anfallenden Daten pro „Fiducial“ (Orientierungspunkt)

Was ist Causal AI?

Causal AI ist ein innovativer KI-Ansatz, der sich auf die Entdeckung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen in komplexen Daten konzentriert.

Im Gegensatz zu prädiktiven Methoden, die lediglich vorhersagen, was passiert, erläutert Causal AI, warum bestimmte Ereignisse eintreten. Dies ermöglicht Herstellern, nicht nur Muster in Daten zu erkennen, sondern auch tiefere Einblicke in ihre Prozesse zu gewinnen. So können gezielte Optimierungsmaßnahmen ergriffen werden, um Ausfallzeiten zu reduzieren, die Produktqualität zu verbessern und die Effizienz zu steigern.

Causal AI eignet sich für Produktionslinien, bei denen eine lückenlose Rückverfolgbarkeit der einzelnen Teile gewährleistet ist.

Causal AI gewinnt rasant an Bedeutung für die Industrie 4.0, wie auch der aktuelle Rockwell Smart Manufacturing Report zeigt. Bei einer Umfrage unter 1.500 Entscheidungsträgern aus 17 wichtigen Fertigungsländern belegt Causal AI den ersten Platz für geplante Investitionen in den nächsten 12 Monaten. Es wird als eine der besten Technologielösungen zur Unterstützung der Belegschaft eingeschätzt und verspricht zudem einen außergewöhnlichen Return on Investment (ROI).

KAUSAL STATT NUR PRÄDIKTIV – SIEMENS DENKT UM

Angesichts der komplexen Datenlandschaften in der PCB-Produktion entschied sich Siemens für einen Paradigmenwechsel: Die Einführung der Causal AI Technologie von Xplain Data. Ziel war es, durch eine umfassende Analyse der Daten aus allen Produktionsschritten die Fehlerquote deutlich zu senken und ein Six-Sigma-Qualitätsniveau zu erreichen.

Xplain Data, gegründet im Jahr 2015, hat sich auf die kausale Analyse komplexer Daten spezialisiert. Ursprünglich im Gesundheitswesen eingesetzt, um durch die Betrachtung sämtlicher Patientendaten kausale Ursachen von Gesundheitsproblemen aufzudecken, wendet das Unternehmen seine Methodik nun auch auf die industrielle Produktion an.

Im Gegensatz zu traditionellen, prädiktiven Modellen, die lediglich zukünftige Ereignisse vorhersagen (***Was*** wird passieren?), ermöglicht Causal AI die Identifizierung der zugrunde liegenden Ursachen von Produktionsproblemen (***Warum*** passiert es?). Während im Gesundheitswesen der Patient im Zentrum steht, ist es in der Produktion das produzierte Teil, dessen Entstehungsprozess bis ins Detail analysiert wird.

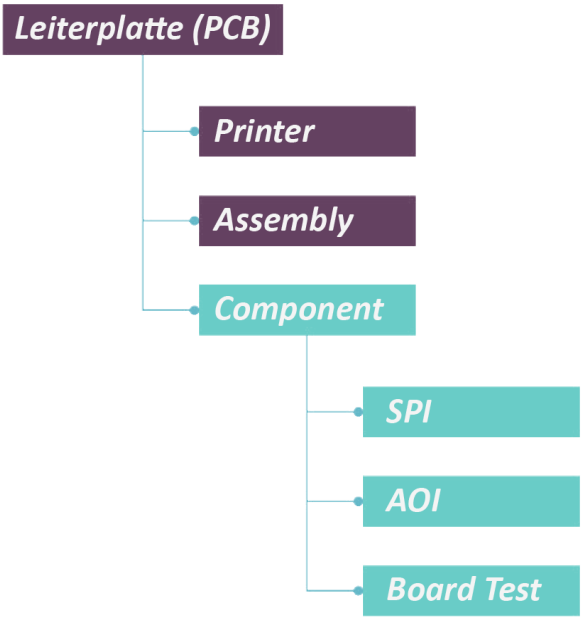
Kausale Informationen zu Produktionsproblemen bilden jetzt die Basis für gezielte Optimierungen im Leiterplattenherstellungsprozess. Sobald die Ursachen für gewünschte oder unerwünschte Effekte bekannt sind, können Fehler gezielt behoben und positive Ergebnisse verstärkt werden.

JEDER ASPEKT IM FOKUS: OBJECTANALYTICS

Die patentierte ObjectAnalytics-Technologie schafft die Grundlage für eine umfassende 360-Grad-Sicht auf jede Leiterplatte - das zentrale Analyseobjekt. Diese Methode folgt einem objektzentrierten Ansatz, bei dem sämtliche relevanten Daten in einem zentralen Objektmodell zusammengeführt werden. In der PCB-Produktion wird die „Leiterplatte“ als Hauptobjekt definiert, während jede „Komponente auf der Leiterplatte“ ein Unterobjekt darstellt. Für jede dieser bis zu 500 Komponenten werden Messwerte aus sämtlichen Stationen der verschiedenen Produktionsschritte erfasst.

Dank der Integration aller Daten in ein zentrales Objektmodell lassen sich Zusammenhänge und Abhängigkeiten genau analysieren. So können etwa Designparameter, die Ergebnisse des Lötpastendrucks und Inspektionsergebnisse gemeinsam betrachtet werden, um Probleme zu identifizieren, die nur durch die Kombination dieser Faktoren entstehen.

Der Fachexperte ist nun in der Lage, mit nur wenigen Mausklicks leistungsfähige grafische Auswertungen zu den kausalen Ursachen der auftretenden Probleme zu erstellen.



***SPI** (Solder Paste Inspection)*
***AOI** (Automated Optical Inspection)*
***Board Test:** Auflistung aller bestätigten „Not OK"-Ergebnisse*

Abb. 4: Implementierter Objekt-Baum für die PCB-Produktion. Das Objekt im Fokus der Analyse ist die Leiterplatte (PCB) und somit das Wurzel-Objekt, mit explizierter Ausweisung der Entität „Komponente", da sich diese bei vielen Betrachtungen als wesentlicher herausstellte als das Board als Ganzes.

CAUSAL AI: DURCHBRUCH IN DER LEITERPLATTEN-QUALITÄT

Die Einführung der Causal AI-Technologie erfolgte in drei Phasen: der objekt-zentrierten Zusammenführung von Produktionsdaten, der Identifikation kausaler Zusammenhänge und der kontinuierlichen Optimierung. Durch diesen systematischen Ansatz konnte die Fehlerquote in der Produktion drastisch reduziert werden. Ein besonderer Erfolg war die Überwindung der 5-Sigma-Mauer (weniger als 3,4 Fehler pro Million Möglichkeiten) in der Leiterplattenfertigung. Die automatisierte Analyse ermöglicht es nun, frühzeitig potenzielle Fehlerursachen zu erkennen und gezielte Maßnahmen einzuleiten.

Abb. 5: Eine regionale Darstellung der Kenngrößen auf Basis der Bauteilposition auf der Platine wurde als sehr hilfreich bewertet. Daher wurde eine entsprechende „Heatmap"-Darstellung in den Funktionsumfang der Causal AI Lösung integriert.

Mit Hilfe von Xplain Data Causal AI-Verfahren konnten an der AOI-Station konstruktionsbedingte Fehlerursachen identifiziert werden, die vorher nicht erkennbar waren. Dadurch konnte Siemens die Qualität der Leiterplattenproduktion signifikant verbessern und die „5-Sigma-Wall" durchbrechen.

NÄCHSTE SCHRITTE UND FAZIT

Im nächsten Schritt soll die entwickelte Lösung in den operativen Betrieb überführt und damit der Wertschöpfungsbeitrag nachhaltig gesteigert werden.

Zur Aufrechterhaltung der erreichten Qualität ist die Implementierung des autonomen Xplain Data Causal DiscoveryBot geplant. Dieser überwacht kontinuierlich den Produktionsprozess (Process Control) und meldet dem QM-Team frühzeitig mögliche Probleme und Ursachen, die die Produktionslinie gefährden könnten. Damit wird der Grundstein für eine KI-gestützte kollaborative Problemlösung in der Qualitäts- und Verfahrenstechnik gelegt. Siemens plant darüber hinaus, die Integration kausaler Methoden von der Flachbaugruppe bis zur Montage auf das Gerät auszudehnen.

Ein wichtiger Aspekt des Projekts war zu dem die Kosten-Nutzen-Analyse. Innerhalb eines Jahres hatte sich die Investition in die Causal AI Technologie von Xplain Data im Rahmen des Projektes amortisiert.

Erik Schwulera: „Causal AI ist ein wichtiger Baustein bei der digitalen Transformation unserer Werke. Dies führt, neben der signifikanten Reduktion der Fehlerrate und Verbesserung der Produktionsqualität, zu ganz neuen Möglichkeiten bei der Unterstützung und Entlastung unserer Qualitäts- und Prozess-Experten."

Erik Schwulera,
Leitung IoT@Manufacturing
und Six Sigma Direktor
Siemens Digital Industries

„Causal AI ist für uns ein Game-Changer in der Elektronikproduktion. Wir können nun die Qualitätsarbeit, insbesondere die Ursachenanalyse, weitgehend automatisieren“, fasst Erik Schwulera zusammen.

„Durch die Implementierung des ganzheitlichen ObjectAnalytics-Datenmodels, basierend auf einem Objektbaum, sind wir erstmals in der Lage, Quality-in-Process- und Quality-in-Design-Effekte gleichzeitig und ganzheitlich auszuwerten. Das bedeutet für uns einen Durchbruch in der Art und Weise, wie wir Produktionsqualität verbessern können. “

Xplain Data
Discover Causality

Kontakt:
Xplain-Data.com
info@xplain-data.com