



Qualitätssicherung – Mensch vs. Maschine

Die Überwachung von Fertigungsprozessen, gefertigten Bauteilen und Fertigungsanlagen selbst ist ein essenzieller Bestandteil jeder modernen Produktionskette. Es gibt neben der Sichtkontrolle durch den Menschen die Qualitätsprüfung durch automatisierte Prüfverfahren.

Durch den Einsatz in sicherheitsrelevanten Bereichen und die zunehmende Komplexität von Bauteilen spielen zerstörungsfreie Prüfverfahren eine immer wichtigere Rolle. Prüfverfahren, die die Qualität des Bauteils prüfen, ohne dieses zu zerstören, lassen sich - je nach verwendeter Technologie - an unterschiedlichen Stellen des Fertigungsprozesses einsetzen.

Ein wichtiges Werkzeug in dieser Kette ist die Sichtprüfung durch den Menschen. Das menschliche Gehirn ist in der Lage, komplexe Gegebenheiten zu erfassen und diese mit gespeicherten Informationen von bekannten Fehlerarten zu vergleichen. Unter Verwendung aller Sinne kann die dafür eingesetzte Person die Beurteilung direkt per Auge oder tastend, oder unter Zuhilfenahme von Assistenzsystemen, wie zum Beispiel Kameras oder Mikroskopen, flexibel vornehmen. Hierbei ist der fließende Wechsel zwischen detaillierten und weniger detaillierten Prüfungen ein Vorteil, den nur Menschen erzielen können.

Im Rahmen zahlreicher Studien wurde nachgewiesen, dass dem Menschen in seiner Leistungsfähigkeit trotz aller Flexibilität Grenzen gesetzt sind. Menschliches Prüfen durch Sichtkontrolle wird durch folgende Faktoren stark beeinflusst:

- Zeitlich begrenzte Leistungsfähigkeit
- Schwankende Konzentrationsfähigkeit
- Unterschiedliche individuelle Leistungsfähigkeit
- Einfluss der Arbeitsgeschwindigkeit auf die Genauigkeit
- Einfluss der Arbeitsumgebung
- Auswahl und Training des Mitarbeiters

In vielen aktuellen Produktionslinien werden die Prüfaufgaben entweder durch spezielles Prüfpersonal oder durch einen geschulten Maschinenoperator im Rahmen seiner Bedien- und Bestückungstätigkeit durchgeführt. Es wurde bisher angenommen, dass es keinen Einfluss auf das Ergebnis hat, ob sich ein Mitarbeiter während seiner Tätigkeit ausschließlich auf eine Aufgabe konzentriert, oder aber eine einfache Prüftätigkeit als Zusatzaufgabe, quasi nebenbei ausführt. Studien der Flugzeugindustrie haben nun gezeigt, dass dies vor allem im Bereich der Qualitätsüberwachung nicht zuverlässig zutrifft.

Das Suchen und Bewerten von Mängeln sind die beiden fehleranfälligsten und kostensensitivsten Schritte in der Qualitätsbeurteilung. Die verwendete Zeit zur Prüfung eines Bauteils hat in der Regel einen direkten Einfluss auf die Taktzeit der Produktionslinie.

Je kürzer die Prüfzeit, desto geringer der Zeitverlust, desto niedriger die Kosten der Prüfung.



Abb. 2 Smart Factory/Quelle: Adobe Stock

Das Prüfpersonal muss selbstständig entscheiden, wie genau die Prüfung durchgeführt wird. Wird kein Fehler gefunden, muss das Personal wiederum selbstständig entscheiden, wann die Prüfung beendet wird. Die Vorgabe einer konkreten Prüfzeit ist somit schwierig. Ausgehend von durchgeführten Studien wird angenommen, dass es einen direkten Zusammenhang zwischen der verwendeten Prüfzeitzeit und dem Auffinden von Mängeln gibt. Je weniger Zeit für das Suchen verwendet wird, desto weniger Mängel werden entdeckt. Das Diagramm 1 zeigt diesen Zusammenhang anhand einer Magnetpulverprüfung.

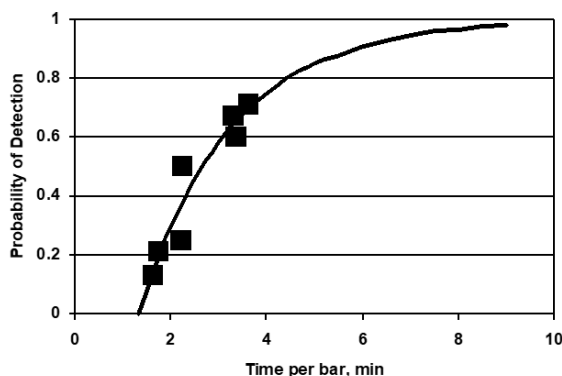


Diagramm 1: Geschwindigkeit vs. Genauigkeit / Magnetpulverprüfung von Stahlträgern/Quelle: [1]

Je länger geprüft wird, desto höher die Wahrscheinlichkeit, alle Fehler zu finden. Dies widerspricht jedoch der angestrebten Verkürzung der Prüfzeit.

Die Leistungsfähigkeit eines Menschen ist begrenzt. Seit 1948 wurden hunderte Studien zur zeitabhängigen Leistungsfähigkeit und Wachsamkeit bei Tätigkeiten der Qualitätsüberwachung durchgeführt.

Die Studien zeigen einvernehmlich, dass die Wachsamkeit der Probanden nach ca. 30 Minuten drastisch gesunken ist. Teilweise wurden nur noch ca. 50% der Fehler erkannt. Nach einer Stunde liegt der Wert sogar nur noch bei 30%. Ein Beispiel ist in Diagramm 2 dargestellt.

Laut Studie kann die Empfindlichkeitsabnahme zusätzlich durch unterschiedliche Faktoren weiter gesteigert werden: Treten Fehler sehr selten auf? Gibt es mehrere Fehlerarten, die unterschieden werden müssen? Handelt es sich um erfahrenes Prüfpersonal oder gibt es Nebentätigkeiten, die ausgeführt werden müssen? Neben den generellen Arbeitsbedingungen, wie dem allgemeinen Wohlbefinden am Arbeitsplatz,

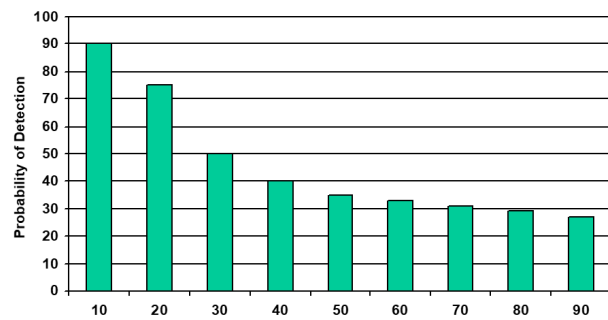


Diagramm 2: Wahrscheinlichkeit der Fehlererkennung bei fortschreitender Tätigkeit/Quelle: [1]

der Lautstärke während der Tätigkeit oder der Erreichbarkeit von Hilfswerkzeugen, spielen auch menschliche Faktoren, wie Demotivation, private Probleme sowie der aktuelle Gesundheitszustand eine entscheidende Rolle.

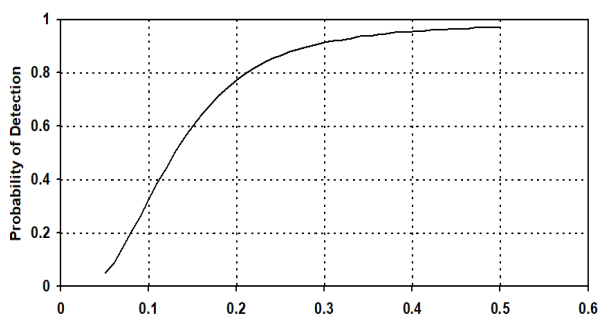


Diagramm 3: Wahrscheinlichkeit der Erkennung in Abhängigkeit der Risslänge/Quelle: [1]

Parallel dazu ist die generelle Eignung des Menschen für die Prüfaufgabe zu betrachten. Dem menschlichen Auge sind Grenzen gesetzt. In Studien, die sowohl unter Labor-, als auch unter realen Bedingungen durchgeführt wurden, wurden Probanden Proben mit Rissen in Metalloberflächen zur Sichtprüfung übergeben. In Diagramm 3 sind die Ergebnisse dargestellt.

Je kleiner der Riss, desto geringer die Wahrscheinlichkeit, dass er gefunden wurde. Selbst große Risse wurden von den Probanden nicht zuverlässig erkannt. Zudem ist nicht sichergestellt, dass jede Art von Riss, auch von jedem Menschen gleich erkannt wird. Das Diagramm 4 zeigt das Ergebnis einer weiteren Studie.

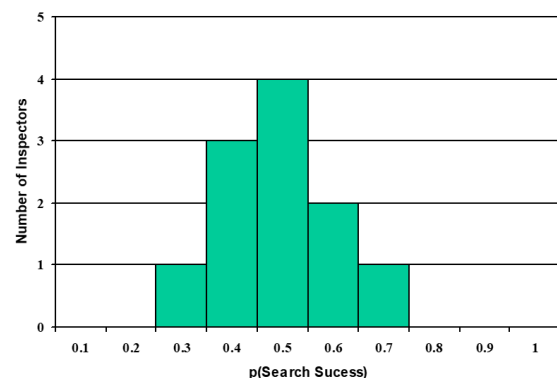


Diagramm 4: Das erfolgreiche Erkennen in Abhängigkeit der Probanden/Quelle: [1]

Der Großteil der Probanden hat nur ca. 60% der Fehler feststellen können. Ein Proband hat sogar nur 30% der vorhandenen Fehler erkannt. Diese Studien unterstreichen die **biologischen Grenzen** und **Unterschiede zwischen einzelnen Menschen**. Sie veranschaulichen, dass ein einheitliches Prüfergebnis bei der Qualitätskontrolle durch Menschen, selbst unter gleichen Randbedingungen, nicht zuverlässig gewährleistet werden kann.

Um diese Defizite auszugleichen werden in Produktionsanlagen immer häufiger automatisierte Prozessüberwachungs- und Inspektionssysteme zur Qualitätssicherung eingesetzt. Die eingesetzten Technologien sind in der Lage, Fehler in Bruchteilen von Sekunden zu detektieren, auszuwerten, aufzuzeichnen und zurückzumelden. Je nach Aufgabenstellung überwachen diese Systeme den Fertigungsprozess online während der Herstellung oder in einer nachgeschalteten Inspektionsstation.

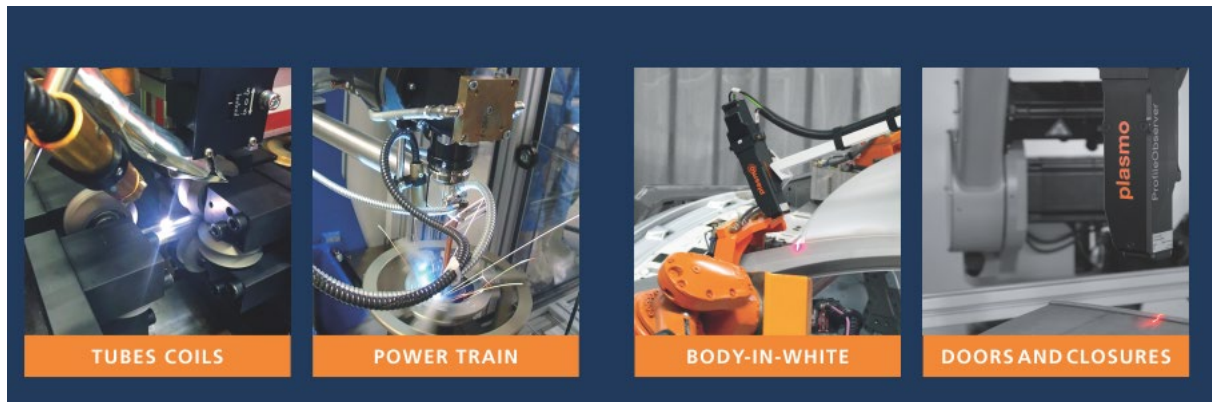


Abb. 3 Qualitätssicherung in der Industrie/Quelle: plasma

Die Onlineüberwachung bietet die Möglichkeit, den Fertigungsprozess in „real-time“ zu überwachen und so unmittelbar Rückschlüsse auf die erreichte Qualität des Bauteils zu ziehen. Damit entfallen zusätzliche Inspektionszeiten und Taktzeiten werden nicht beeinflusst.

Im Zuge der Elektrifizierung in der Automobilindustrie, rückt die automatisierte Überwachung vor allem in der Batteriefertigung immer mehr in den Fokus der Unternehmen. Neben den unterschiedlichen Batterietypen, den Materialkombinationen, der Bearbeitung in teilgeladenem Zustand, stellt die Produzenten vor allem die sehr hohe Anzahl an eingebrachten Schweißungen vor Herausforderungen. Ein typischer Batterie-Pack für einen PKW besteht aus ca. 7.000 Lithium-Ionen-Batterien vom Typ 18650. Selbst beim Wechsel zum nächst größeren Typ 2170, sind noch ca. 2.000 Batterien für den Betrieb eines Elektrofahrzeuges notwendig. Jede dieser Einzelbatterien besitzt einen geschweißten Kontakt. Je nach PKW-Modell werden diese auf unterschiedliche Weise in Gruppen reihenweise und parallel miteinander verschaltet. Dies ist notwendig um die für den Betrieb eines Elektrofahrzeuges notwendigen Strom- und Spannungswerte zu erreichen. Um die volle Funktionsfähigkeit der Batterie gewährleisten zu können, muss jeder dieser Kontakte vom Hersteller geprüft werden. Bei einer Prüfzeit von nur ca. 2 s pro Schweißung, stößt selbst ein erfahrener Prüfer bei 2.000 zu prüfenden Kontakten pro Batterie-Pack schnell an seine Grenzen. Sind nun mehrere Produktionsanlagen im Einsatz, eventuell im Schichtbetrieb, steigen die Belastungen der prüfenden Mitarbeiter erheblich.

Ebenso wie menschliche Kontrolleure müssen aber auch automatisierte Überwachungssysteme angelernt werden. Eine einfache Installation reicht nicht aus. Die Toleranzen der Systeme müssen so eingestellt werden, dass bei einer möglichst niedrigen Pseudofehlerrate die Erkennung aller kritischen Fehler gewährleistet ist. Trotzdem: Auch diese Systeme arbeiten nicht perfekt! Verglichen mit ihren menschlichen Pendanten haben sie dennoch deutlich höhere Erkennungsraten, eine konstant hohe Performance,

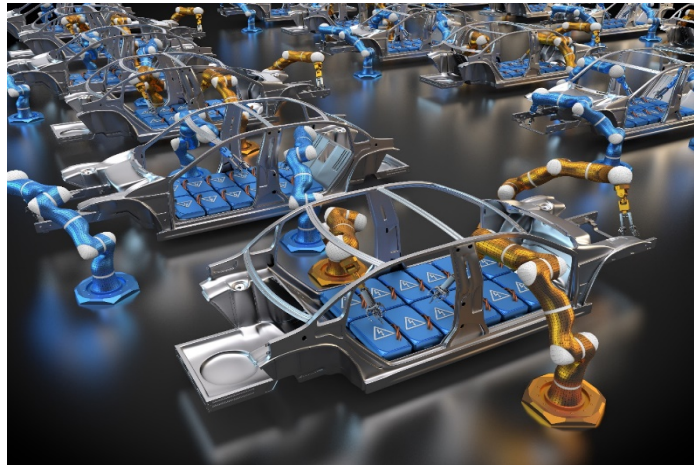


Abb. 4 Batterieschweißen/Quelle: Adobe Stock

können 24 Stunden/7 Tage pro Woche im Einsatz sein, sind ermüdungsfrei und haben keine privaten Probleme, durch die sie abgelenkt werden könnten.

Die Anschaffung von automatisierten Qualitätsüberwachungssystemen erscheint im ersten Augenblick kostspielig. Verglichen mit den wiederkehrenden Kosten für Aus- und Weiterbildung von aktuellen und neuen Mitarbeitern und den Kosten, die durch die bereits aufgeführten Fehlerquellen bei der menschlichen Qualitätsprüfung entstehen können, sind die Anschaffungskosten der Qualitätssicherungssysteme einmalige Investitionen für ein Unternehmen, die auf sehr lange Zeit eingesetzt werden können.

Die Sichtprüfung durch den Menschen ist eine flexible Methode, die Qualität gefertigter Bauteile zu überwachen. Heutige Fertigungsvolumen, die zunehmende Komplexität der Bauteile und Fertigungsverfahren im Bereich der Fein- und Mikrobearbeitung, überschreiten jedoch immer mehr die menschliche Leistungsfähigkeit deutlich. Um eine konstant hohe Qualität von gefertigten Bauteilen und Komponenten gewährleisten zu können, sind automatisierte Prozessüberwachungssysteme in modernen Produktionsketten unerlässlich.

Quellen:

1. Colin G. Drury and Jean Watson, "Good practices in visual inspection," FAA/Human Factors in Aviation Maintenance (2002);

© 2019 plasm^o Industrietechnik GmbH/Autor: Yves Rausch

Kontakt: plasm^o Industrietechnik GmbH/tina.bruno@plasm^o.eu/www.plasm^o.eu