

# Oberflächeninspektion von Spritzpräge-Werkzeugen

Sonderdruck aus VDI-Z, Heft Nr. 4 Jahrgang 2005



Sensor erlaubt Kontrolle des Werkzeugs in der Maschine

Autor: Klaus Weniger

*Wir kriegen's geregelt*



# Oberflächeninspektion von Spritzpräge-Werkzeugen

Klaus Weniger, Waldeck

Ausgangsmaterial für die Herstellung von Gummidichtungen sind Gummifladen mit entsprechend ausgeprägten Formen. Die Dichtungen werden in einem Vulkanisierprozess mit speziellen Werkzeugen in einer Spritzprägemaschine gefertigt. Verbleibende Materialreste und verschleißbedingte Werkzeugveränderungen können während der Produktion durch eine optische Inspektion fortlaufend kontrolliert und der Vulkanisierprozess geeignet gesteuert werden.

Nach nur wenigen Augenblicken ist das Vulkanisieren beendet, das Werkzeug wird geöffnet und mit einer Bürste wird der Gummifladen vom Werkzeug abgestreift. Oftmals verbleiben bei diesem Vorgang Materialreste in den Formnestern des Werkzeugs, die den nächsten Vulkanisierprozess stören. Bei dem sich hundertfach wiederholenden Prozess verschleißt das Werkzeug. Der Verschleiß ist an Veränderungen der Farbe und der Struktur der Oberfläche des Werkzeugs zu erkennen. Die Aufgabe der optischen Inspektion besteht darin, die Gummireste in den Formnestern zu finden, bezüglich der Lage und der Größe zu verifizieren sowie die Veränderungen der Oberfläche zu erfassen. **Bild 1** zeigt ein geöffnetes Werkzeug in einer Spritzprägemaschine.

## Autor

Dipl.-math. Klaus Weniger, Jahrgang 1950, studierte Mathematik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Er arbeitete im Bereich industrielle Bildverarbeitung für verschiedene Firmen und ist seit 1998 selbstständig tätig. Für die PMA Prozeß- und Maschinen-Automation, Kassel, arbeitet er seit 2003 als Systemintegrator.

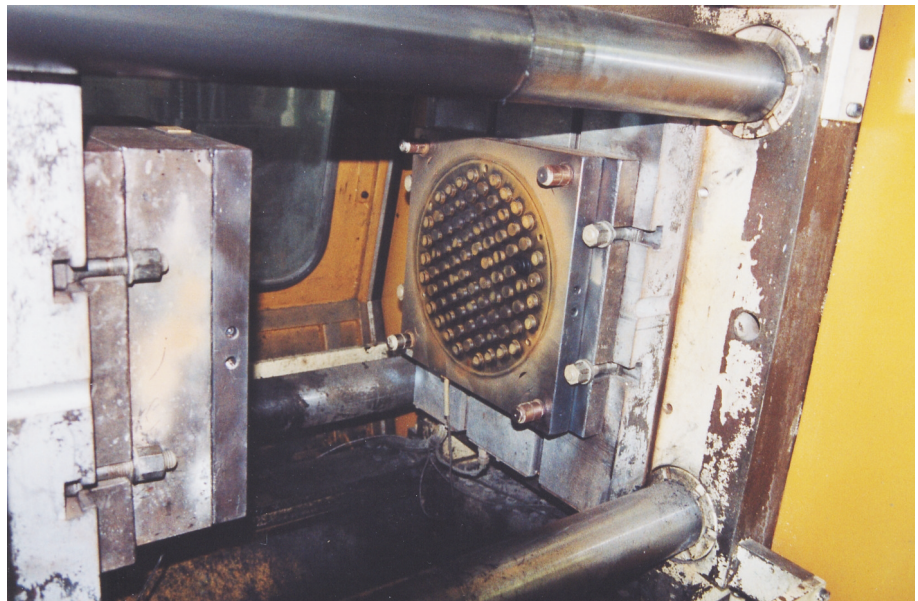


Bild 1

Werkzeug in einer Spritzprägemaschine für Gummidichtungen.

## Lösung der Inspektionsaufgabe

Die Inspektionsaufgabe wurde unter Anwendung industrieller Bildverarbeitung gelöst. Für die Auswahl des optischen Sensors mussten folgende spezielle Bedingungen beachtet werden:

- während des Vulkanisierprozesses an der Spritzprägemaschine treten große Verschmutzungen durch Dämpfe und Staubpartikel auf,
- es herrschen Temperaturen bis zu 210 °C in der Maschine,
- der Blick auf die Werkzeuge ist nur seitlich ab einem Abstand von zirka 700 mm möglich,
- es steht eine Taktzeit für einen Inspektionsprozess von 2,5 s zwischen zwei Vulkanisierprozessen zur Verfügung.

Als optischer Sensor wurde ein „Smart-Image“-Sensor aus der „Legend“-Serie der Firma DVT Corporation in einem Schutzgehäuse ausgewählt, **Bild 2**. Dieser Sensor [1] wurde mit einer sehr leistungsfähigen industriellen LED-Beleuchtung kombiniert, um die Fläche der

Formnester am Werkzeug gut auszuleuchten. Der Sensor und die Beleuchtung wurden außerhalb der Spritzprägemaschine mit einer gesonderten mechanischen Halterung angebracht. Der Abstand des Bildverarbeitungssystems vom Werkzeug beträgt zirka 800 mm und der Blickwinkel auf die zu inspizierende Fläche ist 45°.

Der spezielle mechanische Aufbau ist im **Bild 3** zu erkennen (Ansicht Rückseite). Sensor und Beleuchtung sind über eine Signalleitung mit einer SPS der Spritzprägemaschine verbunden. In diese SPS ist eine Temperaturregelung der PMA Prozeß- und Maschinen-Automation, Kassel ([www.pma-online.de](http://www.pma-online.de)), integriert, welche auch Lieferant des DVT-SmartImage-Sensors ist. Der optische Sensor und die Beleuchtung werden extern von der SPS vor jedem Inspektionszyklus des Werkzeugs zugeschaltet. Die Versorgungs- und Signalleitungen zum Sensor und zur Beleuchtung wurden so geführt, dass sie hinter einer Mechanik Schutz vor Wärme finden und nur für eingewiesenes Personal zugänglich sind.



Bild 2

Ein Sensor aus der Serie „Legend“ erwies sich als gut geeignet für die Inspektionsaufgabe.

### Ablauf und Ergebnis der Inspektion

Der Blick des Sensors ist auf den Mittelpunkt des Werkzeugs gerichtet, so dass die optische Achse des Objektivs und der Mittelpunkt des Werkzeugs auf einer waagerechten Linie liegen, **Bild 4**. Die Leuchtfläche der Beleuchtung ist auf die kreisrunde Inspektionsfläche des Werkzeugs fixiert, um diese gut auszuleuchten. Beide Anforderungen wer-

den mit Hilfe eines speziellen Messprogramms, welches zu diesem Zweck in den Sensor implementiert wurde, ständig kontrolliert.

Nach jedem Vulkanisierungsprozess wird wenige Sekunden vor dem Beginn des Inspektionszyklus die Beleuchtung durch die SPS zugeschaltet. Ist das Werkzeug vollständig geöffnet, wird durch ein externes Signal von der SPS die Bildaufnahme des Sensors gestartet. Das Bild wird sofort im Sensor digitalisiert und bearbeitet. Unter Anwendung ausgewählter Methoden der Bildverarbeitung, der „Softsensoren“ [2], wird im Bild die zu inspizierende Fläche mit den Formnestern gesucht und gefunden, womit die Ortslage erkannt ist. Dann wird jedes einzelne Formnest sowie seine Umgebung und seine Nachbarn betrachtet und auf mögliche Gummireste abgesucht. Die Gummireste unterscheiden sich in ihrer Reflexion von der Reflexion der Oberfläche des Werkzeugs.

Um diesen Effekt zu verstärken wird eine LED-Beleuchtung im Frequenzbereich Rot eingesetzt. Zu jedem verifizierten Gummiteil wird ein Flächenmaß und die Ortslage berechnet. Abschließend wird von der inspizierten Fläche ein Wert ermittelt, um den Abnutzungsgrad des Werkzeugs zu bewerten. **Bild 5**



Bild 3

Das Bildverarbeitungssystem arbeitet an der Spritzprägemaschine auch unter rauen Umweltbedingungen zuverlässig.

zeigt ein Werkzeug mit Gummiresten.

Das Bildbearbeitungsprogramm ist mit dem Konfigurationstool „Framework“ der DVT Corporation [2] auf einem Notebook entwickelt und getestet worden. Nach der erfolgreichen Erprobung wurde das Programm in den SmartImage-Sensor von DVT implementiert.

### Protokollierung

Alle fehlerfreien Zustände, die Maße für den Abnutzungsgrad eines Werkzeugs und die möglichen Fehlertypen

Werkzeug A

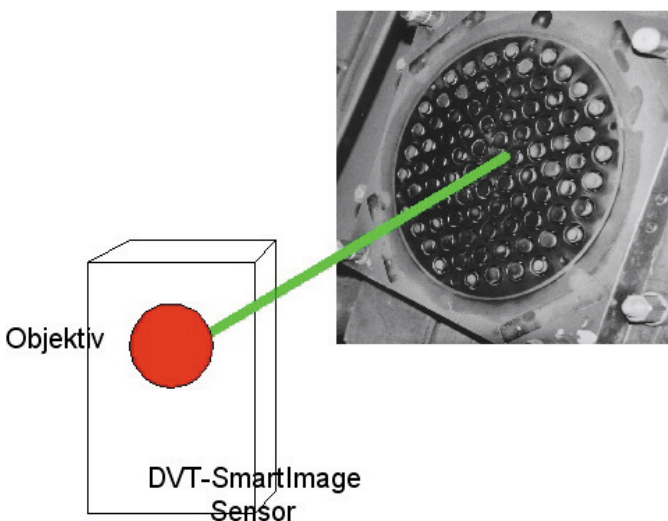


Bild 4

Prinzip der Anordnung des Werkzeugs zum optischen Sensor.

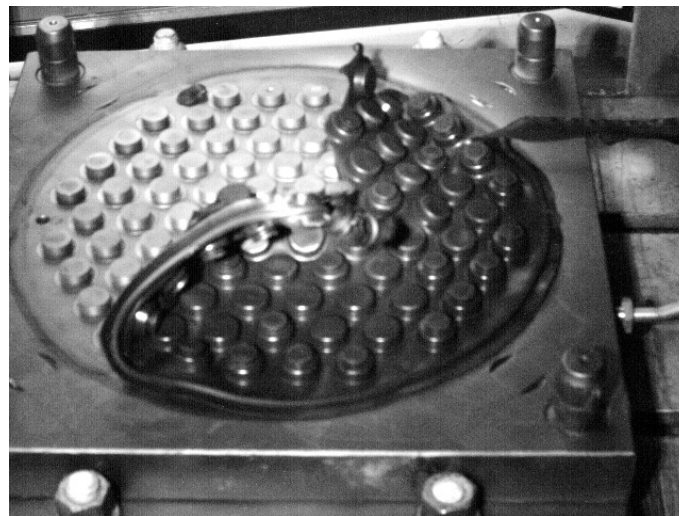
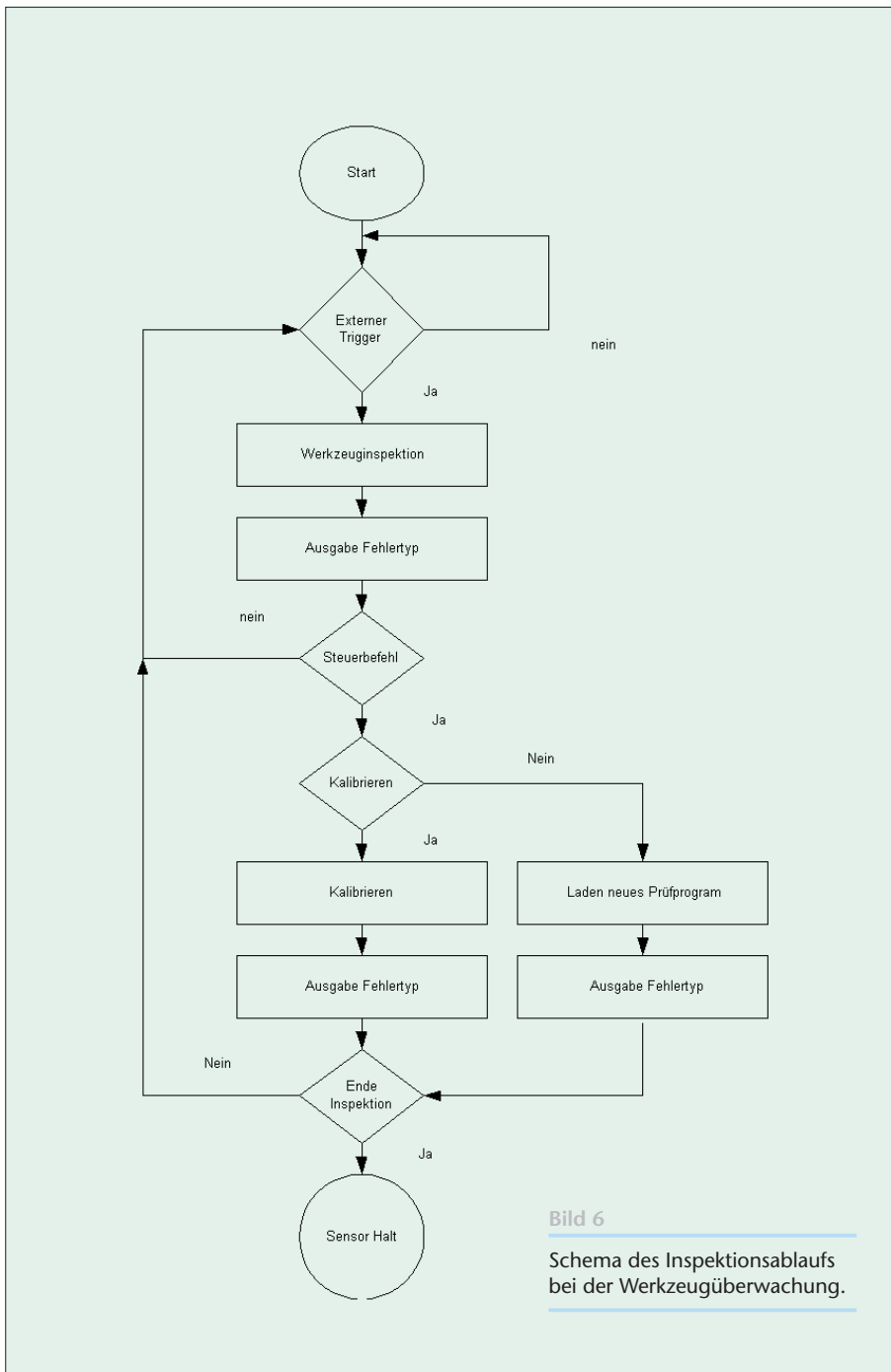


Bild 5

Das Werkzeug verschmutzt durch anhaftende Gummireste. Nach Auswertung des Zustands kann der Vulkanisierungsprozess entsprechend gesteuert werden.



wurden vorab für das jeweilige Werkzeug und jedes Formnest ermittelt und beschrieben. In einer speziell erstellten Liste der Zustände wird jedem Zustand der Werkzeugoberfläche und der Formnester ein Zahlencode zugewiesen. Diese Zuordnung ist die Grundlage für das Datenaustauschprotokoll zwischen dem Sensor und der SPS. Der Sensor erstellt in jedem Inspektionszyklus ein Auswertergebnis des inspizierten Bildes, welches in einem Protokoll zusammengefasst wird.

Das Protokoll wird am Ende des Inspektionszyklus an die SPS übergeben.

In der SPS werden die Ergebnisse ausgewertet und der Vulkanisierprozess wird entsprechend gesteuert. Der prinzipielle Prüfablauf des Sensors wird in **Bild 6** dargestellt.

### Systemintegration des Sensors

Ein weiterer Teil der Lösung besteht darin, dass der SmartImage-Sensor über eine Ethernet-Leitung in das Firmennetzwerk eingebunden ist. Damit sind zwei wichtige Vorteile realisiert: Zum einen kann sich der verantwortliche Mitarbeiter der Produktion jederzeit in den

laufenden Inspektionsprozess einschalten. Von einem Arbeitsplatzcomputer aus ist es ihm möglich, die aktuellen Inspektionsbilder anzuschauen sowie die ablaufenden Prozesse der Bildverarbeitung einzusehen. Zum anderen können die Bilder der Inspektion, die Inspektionsdaten und die Inspektionsprogramme auf einem Firmenserver archiviert werden. Somit sind jederzeit der konkrete Fertigungsprozess und mögliche Fehlerzustände nachvollziehbar. Auch ist es auf einfache Weise möglich, nach einem Werkzeugtausch das zugehörige Inspektionsprogramm in den Sensor zu laden und zu aktivieren.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die optische Inspektion wurde für die Firma Simplex Armaturen + Fittings, Schwallungen/Thüringen, entwickelt. Mit Hilfe des Bildverarbeitungssystems kann kontinuierlich und vom Maschinenbediener unabhängig das Werkzeug nach jedem Vulkanisierprozess kontrolliert werden. Gummireste in den Formnestern des Werkzeugs werden örtlich und in Größe verifiziert. Die Prozesssteuerung kann die Daten sofort auswerten, womit sich die Produktivität der Spritzprägemaschine unmittelbar erhöht. Die Veränderungen am Werkzeug können bewertet werden. Dadurch ist vorausschauend ein Werkzeugwechsel planbar.

Die Einbindung der „intelligenten“ Kamera erlaubt das Führen eines Prozessprotokolls in Prozessechtzeit. Störungen werden durch Bilder dokumentiert. Nach einem Werkzeugwechsel ist das zum Werkzeug zugehörige Inspektionsprogramm sofort im Bildverarbeitungssystem verfügbar. Die Applikation zeigt, dass sogar unter extremen Umweltbedingungen Bildverarbeitungslösungen mit DVT-SmartImage-Sensoren zuverlässig arbeiten.

### Literatur

- [1] Industrielle Bildverarbeitung: SmartImage-Sensoren. Produktbroschüre PMA Prozeß- und Maschinen-Automation GmbH, Kassel, Ausgabe 02/2004.
- [2] DVT SmartImage Sensor Installation & User Guide. DVT Corporation, Duluth, GA 30097, 2001–2004, 8<sup>th</sup> Edition.