

## SCHNELLES PARTIKELMESSVERFAHREN FÜR BAUTEILE

# Reinigung – die große Unbekannte

Markus Rochowicz, Stuttgart

Der Reinigungsprozess von Bauteilen lässt sich nur unzureichend überwachen und seine Fähigkeit nicht nachweisen. Dafür entwickelten das Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, die Universität Stuttgart und mehrere Industrieunternehmen zwei Lösungsansätze. Beide Systeme bewährten sich in Labor- und Industrierversuchen und brachten wertvolle Erkenntnisse für den Betreiber der Reinigungsanlage.

Der Qualitätsbegriff, wie er heute in der Automobil- und Zulieferindustrie verwendet wird, ist eng verknüpft mit der Fähigkeit der Fertigungsprozesse, die den Produktionsablauf von Bauteilen, Systemen oder Enderzeugnissen darstellen. Um diese Prozessfähigkeiten zu ermitteln und zu überwachen, ist es notwendig, in regelmäßigen Intervallen eine hinreichend große Stichprobe

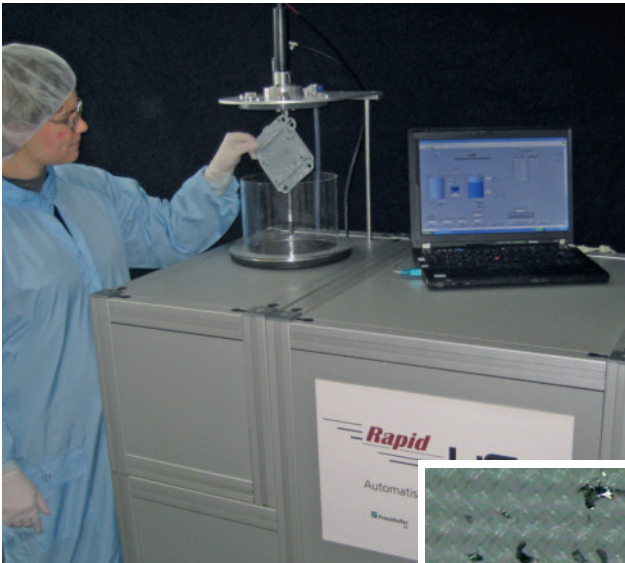
von Teilen zu entnehmen und das entsprechende Merkmal, das der Fertigungsprozess liefert, messtechnisch zu bestimmen. Damit ist es möglich, beispielsweise über Regelkarten, den Prozess zu monitoren oder einen Trend zu erkennen und einen Regelkreis aufzubauen.

Diese Vorgehensweise lässt sich auf nahezu das komplette Spektrum der qualitätsrelevanten Fertigungsprozesse anwen-

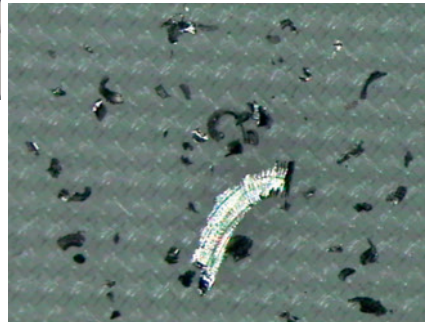
den. Eine große Ausnahme bildet die industrielle Teilereinigungstechnik, die sich bisher nur unzureichend in ein Qualitätswesen einbinden lässt.

### Die „unfähige“ Reinigung

Die Problematik, warum sich ein Reinigungsprozess nur unzureichend überwachen lässt, geschweige denn seine Fähig-



**Bild 1. System zur schnellen Partikelbestimmung in Flüssigkeiten**



**Bild 2. Kritische Metallpartikel in der Messzelle des Sensorsystems**

keit nachgewiesen werden kann, hat zwei Ursachen.

Die erste Ursache ist eng verknüpft mit der aufwendigen und langwierigen Sauberkeitsprüfung der gereinigten Bauteile. Während beispielsweise ein Durchmesser nach dem Bohren direkt in der Fertigung durch den Werker mit einer Lehre oder ein integriertes Kamerasystem geprüft werden kann, ist keine direkte Prüfung hinsichtlich Sauberkeit möglich. Die Sauberkeitsprüfung von Bauteilen (zum Beispiel nach VDA 19 oder ISO 16232) ist ein aufwendiger Prozess, der meist in einem räumlich getrennten Labor durchgeführt wird.

Dabei werden die zu charakterisierenden Bauteile einer manuellen Prüfreinigung/Extraktion unterzogen, das heißt, der nach der eigentlichen Reinigung verbleibende Restschmutz wird im Labor abgewaschen und auf einem Analysefilter abgeschieden. Diese Analysefilter werden anschließend gewogen oder, was heute weit aus häufiger der Fall ist, hinsichtlich Partikelgrößenverteilung automatisiert, mikroskopisch ausgewertet. Für eine statistisch relevante Prüfhäufigkeit ist dieser manuelle Prozess zu langwierig und zu personalkostenintensiv. Eine schnelle Sauberkeitskontrolle zum Aufbau kurzer Regelkreise ist damit ebenfalls nicht möglich.

Der zweite Grund, warum sich der Reinigungsprozess so schlecht überwachen

lässt, liegt in einer fehlenden Partikelmesstechnik, die sich direkt in die Anlagen integrieren lässt. Zwar hat sich in den letzten Jahren einiges getan, um Reinigungsanlagen zu überwachen und zu steuern, diese Ansätze beziehen sich jedoch meist auf Zusammensetzung und Qualität des Reinigers.

So gibt es heute Möglichkeiten, beispielsweise den Tensidgehalt der Reinigungsbäder zu überwachen und bei Bedarf entsprechend automatisiert nachzudosieren. Der Gehalt an Partikeln in den Reinigungs- und Spülbädern kann bisher nur über die Entnahme einer Badprobe und die anschließende Analyse im Labor bestimmt werden.

Obwohl es seit vielen Jahren optische Flüssigkeitspartikelzähler gibt, die in Leitungssysteme integriert Partikel zählen und vermessen, können diese bisher nicht an industriellen Teilereinigungsanlagen eingesetzt werden, da sie sehr empfindlich auf Störungen wie Luftblasen oder Öltröpfchen in Wasser reagieren. Das kann zu Fehlmessungen führen, die um mehrere Größenordnungen oberhalb der tatsächlichen Partikelwerte liegen. In Summe bedeutet dies: Es fehlte bisher an schneller und integrierbarer Partikelmesstechnik sowohl für ▷

**Autor**

**Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Markus Rochowicz**, geb. 1967, leitet seit 2007 die Gruppe Kontaminationskontrolle am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart.

**Kontakt**

**Markus Rochowicz**  
 rochowicz@ipa.fraunhofer.de  
 T 0711 970-1175

**www.qm-infocenter.de**

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ110390**



**Bild 3. Direkte Partikelmessung am letzten Spültank einer industriellen Teilereinigungsanlage**

die Reinigungsanlagen als auch für die Bauteilsauberkeitsprüfung.

Um diese Problematik zu entschärfen, entwickelten mehrere Industriefirmen mit dem Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und der Universität Stuttgart im geförderten Projekt TecSa-Inline zwei Lösungsansätze und setzten diese geräte-technisch um.

**Die schnelle Lösung**

Der erste Ansatz besteht darin, die optischen Flüssigkeitspartikelzähler für eine schnelle Sauberkeitsanalyse nutzbar zu machen und die bisherigen Schwachstellen in den zu vermessenden Flüssigkeiten wie die geringen Volumenströme der Messzellen und die extreme Empfindlichkeit gegen Luftblasen oder andere Einschlüssen und die damit bislang ungelöste Vorkonditionierung der Flüssigkeitsproben zu beseitigen.

In einem Liquid Sample Analysis (LiSA) genannten Testaufbau wird die zu analysierende Flüssigkeit, beispielsweise aus einer Bauteilsauberkeitsprüfung oder dem Spülbad einer Reinigungsanlage, zunächst entgast und von störenden Luftblasen befreit (Bild 1). Gleichzeitig werden, und das ist sehr wichtig für die anschließende Messung, die Partikel in der Flüssigkeit vereinzelt in der Schwebelage gehalten, um eine Sedimentation und Agglomeration zu vermeiden. Unmittelbar nach diesem Vorbereitungsschritt werden die Partikel in einem nachgeschalteten Flüssigkeitspartikelzähler für große Volumenströme gezählt und vermessen. Die komplette Analyse der Flüssigkeit ein-

schließlich Vorkonditionierung und Aufreinigung des Messsystems dauert so nur noch wenige Minuten.

LiSA bietet noch eine weitere technische Neuerung. Der dort eingesetzte Partikelzähler erfasst nicht nur, wie bisher üblich, die optische Projektionsfläche als Größenmerkmal der Partikel, sondern auch deren längste Dimension, wie dies auch bei mikroskopischen Analysen üblich ist. Die Voraussetzung für diese Längenmessung ist, dass die Partikel in einer genau definierten Orientierung durch die Messzelle strömen. Dies wird durch eine geeignete Strömungsführung mit genau berechneter Geometrie im Zulauf des optischen Sensors erreicht.

**Die integrierbare Lösung**

Der zweite Ansatz beschreibt einen anderen Weg. Was seither im Labor durchgeführt wurde – die mikroskopische Auszählung und Vermessung von Partikeln auf einer Analysefiltermembran – übernimmt dabei ein integrierter Sensorkopf, der beispielsweise direkt an eine Reinigungsanlage angeschlossen werden kann. Das Sensorsystem PuriCheck besteht aus drei wesentlichen Komponenten: einem Analysesieb mit definierter, aber frei wählbarer Maschenweite, das sich direkt im zu untersuchenden Flüssigkeitsstrom befindet, einer integrierten Kamera, die die Oberfläche des Analysesiebs ständig beobachtet, und einer Bildauswertesoftware zur Bestimmung der Partikelgröße und -anzahl.

Befinden sich nun Partikel im letzten Spülbad einer Reinigungsanlage, die größer sind als die Maschenweite des Ana-

lysesiebs im Sensor, werden diese auf dem Analysesieb abgeschieden. Die integrierte Kamera erfasst diese Partikel in bestimmten, frei wählbaren Messintervallen (Bild 2). Die Bildauswertesoftware ermittelt die Größe und Anzahl der Partikel und gibt das Ergebnis der Analyse in tabellarischer Form aus, beispielsweise in den Partikelgrößenklassen nach VDA 19. Um eine Überladung oder Verblockung des Analysesiebs zu vermeiden, kann dieses in bestimmten Intervallen rückgespült werden. So werden die aufliegenden Partikel entfernt, und das Sensorsystem steht für die nächsten Messungen bereit.

Beide Systeme wurden während des TecSa-Inline-Projekts nicht nur im Labor getestet, sondern haben sich auch in industriellen Feldversuchen bewährt (Bild 3). In diesen Versuchen wiesen die Systeme ihre Funktion und Robustheit nach und brachten wertvolle Erkenntnisse für den Betreiber der Reinigungsanlage. So konnte gezeigt werden, dass sich der Verschmutzungsgrad der zu reinigenden Bauteile bis ins letzte Spülbad bemerkbar macht. Werden zum Beispiel beschichtete Bauteile mit einem hohen Gehalt an Metallflittern gereinigt, lässt sich die Regeneration des Spülbads durch Filtration mit dem PuriCheck-System verfolgen und so eine Strategie für den Bearbeitungsablauf von Reinigungsaufträgen ableiten.

Aufgrund der guten Resultate werden zwischenzeitlich beide Messprinzipien vermarktet, das System zur Probenkonditionierung für Flüssigkeitspartikelzähler von der Hydac International GmbH, Sulzbach, der PuriCheck-Sensor von der Nägele Mechanik GmbH, Murr. □