

Messsystemanalyse leicht gemacht

Mit der Messsystemanalyse (MSA) lassen sich Messprozesse nicht nur freigeben, sondern auch optimieren. Dazu muss der Anwender die relevanten Einflussfaktoren seiner MSA identifizieren und Standardabweichung sowie systematische Messwertabweichung reduzieren. Ein Röntgenfluoreszenz-Messgerät bietet dabei große Vorteile.

Ein Industriebetrieb ist nur so leistungsfähig wie die eingesetzten Produktionsmittel und -verfahren. Dabei sind regelmäßige Qualitätsprüfungen unverzichtbar, um die Stabilität des Fertigungsprozesses und damit eine konstante Produktqualität sicherzustellen. Allerdings bieten Qualitätsprüfungen nur dann aussagekräftige Ergebnisse, wenn sie auf Basis leistungsfähiger Messprozesse durchgeführt werden. Anhand der Messsystemanalyse (MSA) wird nicht nur ein Messprozess freigegeben, sie ermöglicht auch seine Optimierung. Beispielsweise lassen sich Messzeiten

sowie Anschaffungs- und Betriebskosten durch vorher festgelegte Zielwerte minimieren. Für die MSA gibt es unterschiedliche Definitionen, unter anderem die der Automotive Industry Action Group (AIAG) oder des Verbands der Automobilindustrie (VDA). In der Praxis haben sich Firmenrichtlinien etabliert, die in Vorgehensweise und Verfahren der MSA-Richtlinie von Bosch (Band 10) ähneln. Diese ist deshalb Grundlage der weiteren Ausführungen. Das vorrangige Ziel der MSA ist, eine eindeutige Aussage über die Eignung oder Nichteignung eines Messprozesses für eine

vorgegebene Messaufgabe zu treffen. Darüber hinaus können Anwender mit den erhobenen Daten die wichtigen Einflussfaktoren identifizieren und den Messprozess optimieren. Diese lassen sich in die Kategorien Mensch, Umwelt, Messobjekt, Messmethode, Messmittel, Aufnahmevorrichtung und Auswertemethode einteilen. Damit gilt: Der Anwender ist ebenso Teil des Messprozesses wie der Kalibrierstandard oder die Klimaanlage. Jeder MSA geht eine Analyse der Auflösung des verwendeten Messmittels voraus. Grundvoraussetzung: Die Auflösung muss ausreichend hoch für die anstehende Messung sein. Nur dann lassen sich die erforderlichen Messwerte sicher ablesen und ermitteln.

Messmittel und Auswertemethode im Fokus

Die MSA für ein Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)-Spektrometer ist in mehrere Verfahren gegliedert. Bei Verfahren 1 wird die grundsätzliche Anwendbarkeit des Messprozesses geprüft. Genauigkeit und Wiederholpräzision stehen dabei im Mittelpunkt. Dazu werden Lage und Streuung der Messwerte in einem gegebenen Toleranzfeld analysiert. Basierend auf der Standardabweichung der Messwerte und der systematischen Messabweichung lässt sich das Messmittelpotenzial, der potenzielle Fähigkeitsindex C_g und der kritische Fähigkeitsindex C_{gk} errechnen. Die systematische Messabweichung wird nur bei C_{gk} berücksichtigt. Erfüllen C_g und C_{gk} die festgelegten Anforderungen, handelt es sich um ein fähiges Messmittel für die spe-



© HELMUT FISCHER

Per Röntgenfluoreszenzanalyse lassen sich chemische Elemente detektieren, aber auch die Dicken von Beschichtungen messen.

zifische Messaufgabe. Da bei Verfahren 1 ein Normal mit bekanntem Merkmalswert genutzt wird, spielen Einflussgrößen wie Messobjekt, Mensch und Umwelt hier keine Rolle. Das Normal wird in einer kurzen Abfolge typischerweise 50 Mal gemessen. Eine qualifizierte Person, die nicht in die Messung eingreift, führt das Verfahren durch.

Problemstellungen und Lösungsansätze

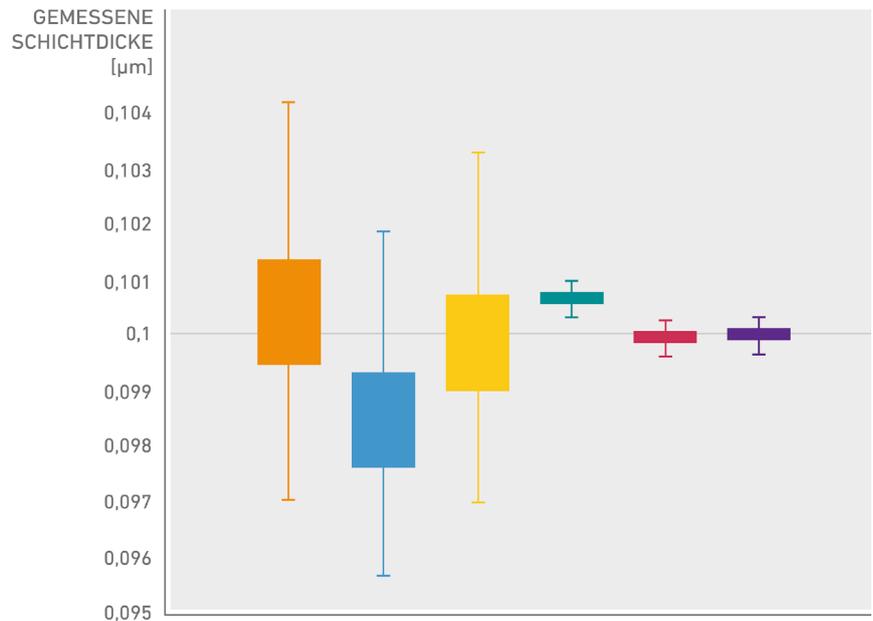
Ist die Streuung der Messergebnisse zu groß, ergibt sich ein nicht annehmbarer Cg-Wert. Die einfachste Lösung hierfür ist, die Messzeit zu erhöhen. Wegen der üblicherweise dominierenden Zählstatistik gilt, dass die Vervierfachung der Messzeit die Standardabweichung σ halbiert. Daraus ergibt sich folgender Zusammenhang zur Ermittlung der Sollmesszeit:

$$t_{\text{soll}} = C_{g,\text{soll}}^2 / C_{g,\text{ist}}^2 \times t_{\text{ist}}$$

Um die Messung zu optimieren, lässt sich die Zählrate auch durch den Einsatz größerer Kollimatoren erhöhen. Optimierungspotenziale bieten zudem Kapillarroptiken, Röntgenröhren, Hochspannung, Filter und Detektoren eines Röntgenfluoreszenz-Spektrometers. Diese sollten allerdings nur nach Absprache mit Experten angepasst werden, da sich neben der Zählrate auch die Anhebungsbedingungen ändern. Es ist aber nicht sinnvoll, die Zählrate unbegrenzt zu erhöhen, denn gleichzeitig steigt die Totzeit – also die Zeit, in welcher der Detektor und die Auswertelektronik keine Photonen registrieren. Die optimale Zählrate ist erreicht, wenn sich die Messperformance trotz der höheren Zählrate nicht mehr steigern lässt. Die von Helmut Fischer eingesetzten Detektoren und Pulsprozessoren verarbeiten sehr hohe Zählraten, sodass alle gängigen Messanwendungen problemlos geprüft werden können.

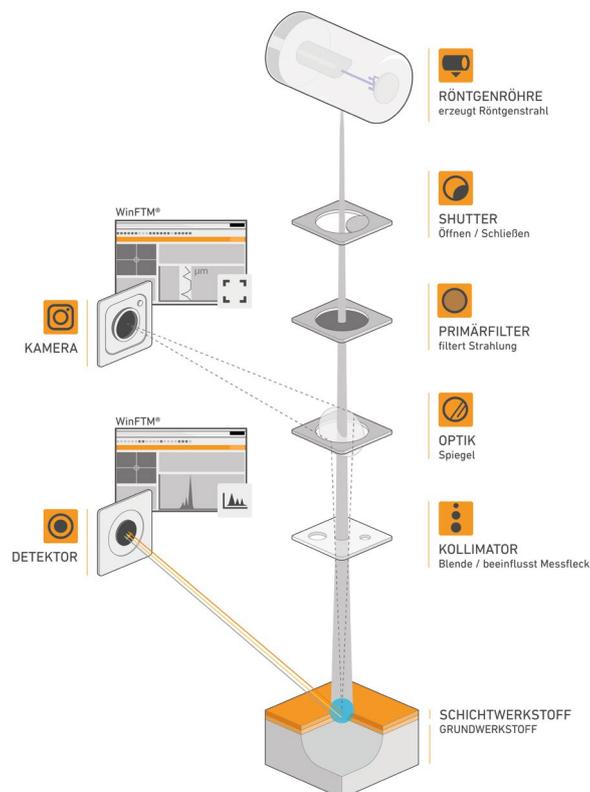
Cg ist erfüllt – Cgk nicht

Die systematische Messwertabweichung bezeichnet die Differenz aus dem Mittelwert und dem spezifizierten Wert des Normals. Sie dient als entscheidende Kenngröße, wenn der Cg-Wert erfüllt ist, Cgk hingegen nicht. Idealerweise ist der Differenzwert gleich Null. Eine große Differenz kann unterschiedliche Ursachen haben: Die Korrekturkalibrierung des Geräts ist nicht gut, die Positionierung erfolgt aufgrund einer ungeeigneten Aufnahmevor-



- Messzeit 5 s, standardfrei
- Messzeit 5 s, Kalibrierung 3-mal 5 s
- Messzeit 5 s, Kalibrierung 100-mal 5 s
- Messzeit 500 s, standardfrei
- Messzeit 500 s, Kalibrierung 3-mal 500 s
- Messzeit 500 s, Kalibrierung 25-mal 500 s

Die Messzeit zu erhöhen, ist die einfachste Maßnahme, um die Streuung bei der RFA zu verbessern. In diesem Beispiel erfolgte die Messung an 0,1 µm Goldschichten.



Optimierungspotenziale für die Messung bergen die Kollimatoren, Kapillarroptiken, Röntgenröhren, Filter und Detektoren eines Röntgenfluoreszenz-Spektrometers.

richtung oder menschlicher Einflüsse nicht hinreichend wiederholgenau, oder aber der Referenzstandard ist inhomogen.

Das bei der Bestimmung von Cg und Cgk verwendete Normal sollte unbedingt für die Korrekturkalibrierung herangezogen werden. Geschieht dies nicht, wird mit dem Cgk-Wert auch die Qualität des Normals getestet. Der Wert eines Normals ist nur innerhalb spezifizierter Fehlergrenzen bekannt. Werden zwei Normale mit 1 µm Dicke und einem Vertrauensbereich von ± 5 % verwendet, kann das eine Normal einen wahren Wert von 0,95 µm, das andere einen von 1,05 µm aufweisen. Wird mit dem einen Normal kalibriert und Verfahren 1 mit dem anderen durchlaufen, beträgt die systematische Messwertabweichung bei einem idealen Messprozess im schlechtesten Fall circa 0,1 µm. Dies zu berücksichtigen, kann beabsichtigt sein. Nichtsdestotrotz sollte der Anwender im Rahmen der Optimierung darauf verzichten. Nur so lässt sich herausfinden, ob das Messgerät eine zu große Messwertabweichung aufweist oder ob die Normale nicht gut genug sind.

Anwender sollten zudem von einer Neupositionierung der Normale absehen, um die Leistungsfähigkeit des Messgeräts nicht

durch unzureichende Vorrichtungen oder Inhomogenitäten zu maskieren. Bei der Kalibrierung selbst kann eine Neupositionierung erforderlich sein: wenn ein kleiner Messfleck verwendet wird, der Wert des Normals aber, wie im Normalfall gegeben, als Mittelwert in einem Bereich von typischerweise 2 × 2 mm zu verstehen ist. Dies ist nicht zwingend ein Problem, da ein Normal üblicherweise sehr homogen ist. Bei manchen Materialsystemen oder kundenspezifischen Normalen können Inhomogenitäten auftreten, die sich störend auswirken. Im Gegensatz zur idealen Vorgehensweise in Verfahren 1, bei der Korrekturkalibrierung und Messung auf demselben Punkt stattfinden, muss in solchen Fällen für die beste Richtigkeit über eine Fläche gemittelt gemessen werden. Der Anwender misst also mehrere Punkte innerhalb des zertifizierten Bereichs des Normals und bestimmt aus den Ergebnissen den Mittelwert. Kommen RFA-Geräte mit automatisiertem XY-Tisch zum Einsatz – etwa das Fischerscope X-RAY XDV-SDD oder die XDAL-Serie – ist dies problemlos möglich. Der Anwender nutzt hierzu entweder den Scanmodus oder er programmiert mehrere Messpunkte über die Mess-Software. Wichtig hierbei: Die ge-

messene Fläche muss bei Kalibrierung und normaler Messung in gleicher Gewichtung berücksichtigt werden.

Vorteile eines hochwertigen RFA-Spektrometers

Bei Verfahren 2 und 3 werden die Faktoren Mensch, Messobjekt, Umwelt und Aufnahmevorrichtung untersucht und damit externe Einflüsse absichtlich eingebunden. Ein hochwertiges Röntgenfluoreszenz-Messgerät minimiert diese durch eine weitgehende Automatisierung des Messablaufs. Ein programmierbarer XY-Probenstisch, Autofokus und Objekterkennung stellen sicher, dass der Anwender das Messergebnis nicht signifikant beeinflussen kann. //

Kontakt

**HELMUT FISCHER GMBH
INSTITUT FÜR ELEKTRONIK UND
MESSTECHNIK**

Sindelfingen
mail@helmut-fischer.com
www.helmut-fischer.com

Aufstiegsstoff

Wirkt schon in kleiner Dosis.

Wer nach oben will braucht **adhäsion**, die einzige deutsche Fachzeitschrift für industrielle Kleb- und Dichttechnik: Wertvolles Insiderwissen, praxisrelevante Informationen und neueste Trends und Technologien.



Jetzt
kostenlos
testen.

Ihre Abovorteile:

- ✓ 10 Ausgaben im Jahr
- ✓ Jede Ausgabe inkl. E-Magazin – NEU!
- ✓ „Handbuch Klebtechnik“ kostenlos für Abonnenten
- ✓ Freier Zugriff auf das Online-Archiv mit Fachbeiträgen seit 2003
- ✓ Keinerlei Risiko, jederzeit kündbar

Jetzt 2 Ausgaben kostenlos testen:
www.meinfachwissen.de/adhaesion

adhäsion KLEBEN+DICHTEN