Sensorik und Datenrecht in der automatisierten Glasproduktion

Der Industriearbeitskreis Forschung & Technologie im VDMA Forum Glastechnik beschäftigte sich in seiner Frühjahrssitzung mit Aspekten der Mess- und Prüftechnik und zukünftigen datenrechtlichen Anforderungen.

In ihrem Vortrag befassten sich Dr.-Ing. Matthias Seel und Prof. Dr.-Ing. Michael Kraus mit der bedarfsgerechten Nutzung des digitalen Zwillings zur Qualitätssteigerung in der Flachglasproduktion. Dabei stellten sie die Bedeutung der Mess- und Prüftechnik heraus. Häufig basiere die Qualitätssicherung noch auf subjektiven Erfahrungswerten, welche die Innovationsfähigkeit und die innerbetriebliche Resilienz einschränkten. Eine klare Abgrenzung nehmen die beiden Experten zwischen digitalem Zwilling und digitalem Schatten vor: Während der digitale Zwilling eine bidirektionale Kommunikation und Steuerung ermöglicht (Interaktion zwischen digitalem Modell und physischem Produktionsprozess zur aktiven Steuerung), ist der digitale Schatten auf die Datenerfassung und Diagnose beschränkt.

Für Anwendungsfälle in der Flachglasproduktion für den digitalen Zwilling beleuchteten sie mehrere Prozessschritte. Die Überwachung und Steuerung von Temperaturfeldern im Vorspannprozess ermöglichen eine Homogenisierung und eine bedarfsgerechte Einstellung der Glas- und Produkteigenschaften. Dies führt zur Reduktion von Verzerrungen, Anisotropien oder Rollerwaves. Beim Zuschneiden von Flachglas sei die Optimierung und Überwachung der Schneidparameter entscheidend (zum Beispiel Schneidkraft, Schneidflüssigkeit), um definierte Kantenqualitäten sicherzustellen. Das Risiko von Nickelsulfidbrüchen kann zukünftig eine Früherkennung von Nickelsulfideinschlüssen in Kombination mit einem digitalen Zwilling auch ohne Heißlagerungstest reduzieren. Die Implementierung des digitalen Zwillings erhöhe durch vorausschauende Wartung und Prozesssteuerung die Effizienz und reduziere durch datenbasierte Entscheidungsfindung Kosten. Entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung sei jedoch, so Seel und Kraus, gemeinsam mit den Anwendern ein bedarfsgerechtes und zielorientiertes Design zu erarbeiten, das sich an den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Produktion orientiert.

Optische Messtechnik in der Glasindustrie

Die moderne optische Messtechnik ermöglicht hochpräzise ein- und mehrdimensionale Inspektionsprozesse, die in verschiedenen Industrien Anwendung finden. Johannes Schuler von Keyence Deutschland stellte exemplarische Anwendungen verschiedener Messverfahren vor.

Vor allem in der Medizintechnik werden diese Technologien eingesetzt, zum Beispiel bei der Vermessung von Kontaktlinsen, die sehr genau sein müssen. Entscheidend sei ebenfalls die genaue Ermittlung von Positionsdaten für nachgelagerte Prozesse, wie das Roboterhandling, bei dem empfindliche Bauteile exakt gegriffen werden müssen.

Auch in der Halbleitertechnik kommen innovative Messverfahren zum Einsatz. Ein Beispiel ist die Vermessung von Wafern mit einem speziellen 2D-Durchlichtmikrometer, bei dem Sender und Empfänger kalibriert und durch eine zusätzliche Optik ergänzt werden. Damit lässt sich nicht nur die Kantengeometrie eines Wafers erfassen, sondern auch transparente Wafer mit hoher Präzision analysieren. Solche Verfahren seien essenziell, da fragile und filigrane Bauteile oft im Mikrometerbereich überprüft werden müssen.

Als weiteren Anwendungsfall beschrieb Schuler die 2D- und 3D-Inspektion mithilfe von Laserprofilsensoren. Mit dieser Technologie können sowohl einfache Abstände, einzelne Profilschnitte von einem Bauteil als auch ganze 3D Scans erzeugt und ausgewertet werden. Eine kürzlich entwickelte Technologie erlaubt es, solche 3D Messungen ohne externe Bewegungssysteme durchzuführen, indem der Messkopf intern schwenkt. Diese Kombination aus Laser- und Snapshot-Technologie bietet laut Schuler Vorteile in vielen industriellen Anwendungen.

Besonders in der Glasindustrie sind solche Verfahren herausfordernd, da Glas sowohl diffuse als auch spiegelnde Reflexionen aufweist. Die Messung von transparenten Objekten kann problematisch sein, da Reflexionen oft an unerwünschten Stellen auftreten. Ein spezieller Algorithmus ermöglicht es, den tatsächlichen Übergang eines Objekts als Profilkurve zu erfassen, anstatt eine diffuse Reflexionswolke innerhalb des Materials zu messen. Bei spiegelnden Oberflächen muss der Laserstrahl zudem in einem bestimmten Winkel ausgerichtet werden, um die Totalreflexion zu vermeiden und eine präzise Messung zu ermöglichen.

Am Beispiel der Automobilindustrie stellte Johannes Schuler Lasermesssysteme zur Spalt- und Höhenmessung bei Fahrzeugverglasungen vor. Dabei wird die Kantenposition von Glasbauteilen erfasst, was für nachgelagerte Prozesse wie das Roboterhandling essenziell sei. Der Einsatz von optischen Messsystemen reicht jedoch weit über die Glasindustrie hinaus. So bildet beispielsweise auch die Automatisierung der Lebensmittelproduktion einen Entwicklungsschwerpunkt für die Branche.

Optische Sensoren in der Flachglasindustrie

Das Unternehmen Precitec Optronik entwickelt hochpräzise optische Messverfahren für die Flachglasindustrie. Dabei kommen vor allem chromatisch-konfokale und interferometrische Sensoren zum Einsatz. Die chromatisch-konfokale Technologie nutzt Weißlichtquellen, die in einen Messkopf eingekoppelt werden. Entlang des Messbereichs wird das Licht in ein Spektrum zerlegt, sodass sich anhand der Wellenlängen genaue Abstands- und Dickenmessungen durchführen lassen. Diese Methode ermöglicht hochpräzise Messungen im Mikrometerbereich, wobei auch Dickenschwankungen und Verformungen ebenso wie Einschlüsse und Risse im Glas erkannt werden können.

Eine derzeit neue Applikation ist die detaillierte Messung der Ritzspur mitsamt allen Ausbrüchen und Spannungen. Dies ist möglich durch einen konfokal chromatisch Linien Sensor mit

1200 Punkten entlang von ein wenigen Millimeter Linienlänge. Es entsteht eine Topographiemessung der gesamten Ritzspur.

Markus Rosskopf, in Vertretung von Malte Hapich, von Precitec Optronik nannte als weiteres Einsatzgebiet die Inline-Überwachung von Produktionsprozessen, mit Sensoren, die bis zu 92 Messpunkte gleichzeitig erfassen können. Für spezielle Anwendungen, wie die Messung von sehr dunklem Glas mit niedriger Transmission, entwickelte das Unternehmen Controller mit achtfach erhöhter Lichtintensität, die beschichtete oder recycelte Gläser zuverlässig analysieren können.

Neben den chromatisch-konfokalen Sensoren wird insbesondere bei Mehrschichtsystemen die Weißlichtinterferometrie eingesetzt. Dabei wird breitbandiges Infrarotlicht verwendet, um durch Interferenzeffekte die Dicke transparenter Materialien mit hoher Genauigkeit zu bestimmen. Für die interferometrische Messung existiert ein Messkopf mit einem Meter Messabstand für die Messung in der Flachglaslinie am heißen Ende. Der Kopf kann außerhalb des Zinnbades positioniert werden und liefert reaktionsschnelle Dickenwerte bei dem Einstellen der Linie.

Als weiteres innovatives Verfahren nannte Rosskopf die Laser-Radiometrie, eine Technologie zur Dickenmessung von intransparenten Materialien. Dabei wird die Oberfläche mit einer Laserdioden minimal erwärmt, sodass sich die Wärme durch das Material ausbreitet. Die Reflexion der Wärmestrahlung vom Substrat in die Schicht und an die Oberfläche zurück ermöglicht Rückschlüsse auf die Schichtdicke. Dieses Verfahren sei besonders nützlich für die Messung von Lackschichten auf Glas, beispielsweise für die Beschichtung aus Emaille an Windschutzscheiben.

Laut Rosskopf können die verschiedenen Sensortechnologien sowohl als Offline-Lösungen für Laboranalysen als auch für Inline-Messungen in Produktionslinien eingesetzt werden. Mit speziellen Kühlsystemen, etwa Wasserkühlungen, lassen sich auch Messungen in anspruchsvollen Umgebungen wie Hochtemperaturprozessen durchführen. Insgesamt böten diese hochentwickelten Messverfahren der Flachglasindustrie präzise, schnelle und flexible Lösungen für Qualitätskontrolle und Prozessoptimierung.

Qualitätsmessung an vorgespannten Gläsern

Kai Vogel von der Viprotron GmbH, Spezialistin für Glasinspektionssysteme in der Architekturglasproduktion, beschrieb verschiedene Funktionen von Scannern, die speziell darauf zugeschnitten sind, spezifische Defekte zu erkennen. Diese prüfen bereits vor dem Zuschnitt auf Einschlüsse und Schichtfehler, erkennen nach der Waschmaschine Verschmutzungen, Kratzer und andere optische Fehler oder erfassen Maßhaltigkeit, Bohrungen sowie Fehler wie Blasen und Einschlüsse. Weltweit sind über 600 Inspektionssysteme im Einsatz.

Besonders relevant für die Messung direkt am Ofenausgang sei ein Temperscanner 5G. Dieses System analysiert das Glas anhand von fünf Messmethoden: optische Verzerrungen (Distortion und Welligkeit), Anisotropie, White Haze, Glasfehler sowie Schichtfehler. Da die optische Verzerrung das Erscheinungsbild von Fassaden erheblich beeinflusst, können spezielle Reflexionsverfahren die Welligkeit des Glases exakt bestimmen. Anisotropie, die durch polarisiertes Licht sichtbar wird, verursacht unter bestimmten Lichtverhältnissen störende

Streifenmuster. White Haze entsteht durch minimale Oberflächenrauigkeiten während des Vorspannprozesses und wird mittels Dunkelfeldbeleuchtung erfasst. Ergänzend dazu ermöglichen Messsysteme die Erkennung von Blasen, Einschlüssen, Kratzern und Schichtfehlern. Das System arbeitet unabhängig von der Transportgeschwindigkeit oder Unebenheiten und dokumentiert die Messdaten zur Qualitätssicherung. Die Ergebnisse werden visuell dargestellt, sodass Bediener schnell erkennen können, ob ein Glas den Anforderungen entspricht. Die Messwerte orientieren sich an bestehenden Normen, insbesondere zur Anisotropiemessung, die das Unternehmen in Zusammenarbeit mit der Hochschule Darmstadt entwickelte.

Skalierbarkeit schafft Mehrwert

Digitalisierte und automatisierte Prozesse müssen skalierbar sein, um einen echten Mehrwert zu schaffen, so Markus Kick von der Phoenix Contact GmbH. Nur so ließen sich moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz und Machine Learning sinnvoll integrieren. Skalierbarkeit bedeute dabei auch, alle Mitarbeitenden in die Prozesse einzubinden. Dafür entwickele das Unternehmen Lösungen, die sowohl bestehende als auch neue Generationen von Fachkräften ansprechen sollen.

Ein zentraler Aspekt ist der Umgang mit Daten. Es gehe nicht darum, möglichst viele Informationen zu sammeln, sondern die richtigen Daten zu erfassen und diese effizient zu nutzen. In vielen Bereichen gebe es zahlreiche Sensoren und Messstellen, doch oft würden über 90 Prozent der erfassten Daten nicht benötigt. Die Herausforderung bestünde darin, durch minimalinvasive Methoden nur relevante Informationen zu extrahieren und bidirektional zu verarbeiten.

Phoenix Contact setzt auf ein offenes, interoperables System, das herstellerunabhängig funktioniert. Dies ermöglicht, verschiedenste Komponenten flexibel zu integrieren und sorgt für eine effiziente Nutzung der gesammelten Informationen. Besonders in energieintensiven Branchen wie der Glasindustrie zeige sich, dass gezielte Messungen und intelligente Datenverarbeitung erhebliche Einsparungen ermöglichen und Ausfälle minimieren. Praxisnahe und intuitive Lösungen machen die digitale Transformation für alle Mitarbeitenden greifbarer.

Hersteller, Zulieferer und Anwender müssen laut Kick gemeinsam an offenen, sicheren und skalierbaren Lösungen arbeiten. Moderne Prozesse basierten auf einer durchdachten Datenarchitektur, die sowohl lokal als auch cloudbasiert funktionieren kann. Die Integration von Machine Learning ermögliche es, aus wenigen, aber gezielt ausgewählten Messwerten fundierte Entscheidungen abzuleiten.

Der EU-Data Act und Cyber Resilience Act

Unternehmen müssen beachten, dass die Erhebung und Verarbeitung von Daten verbindlichen Anforderungen unterliegen. Rechtsanwältin Salome Peters vom VDMA erläuterte in ihrer Session, dass Unternehmen umfangreiche Bereitstellungs- und Transparenzpflichten erfüllen müssen, darunter die Herausgabe von Daten und deren Bereitstellung in maschinenlesbarer Form. Der ab dem 9. Dezember 2025 verbindliche EU-Data Act betrifft vernetzte Produkte und damit verbundene Dienstleistungen, die Daten erfassen und weitergeben. Hieraus ergeben sich neue Compliance-Anforderungen.

Der Cyber Resilience Act führt verbindliche Cybersicherheitsanforderungen für digitale Produkte ein. Alexey Markert vom VDMA erläuterte, dass der CRA eng mit der CE-Kennzeichnung verknüpft ist und Produkte mit digitalen Elementen betrifft. Unternehmen sollten umgehend Maßnahmen ergreifen, um den neuen Anforderungen gerecht zu werden. Dazu gehört zum Beispiel die Anpassung von Entwicklungs- und Designprozessen.

Wichtige Links:
www.vdma.org/cybersecurity
www.vdma.org/glastechnik

Gesine Bergmann
VDMA Forum Glastechnik
gesine.bergmann@vdma.org