

# Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik

Editorial: *Fernando Puente León, Technische Universität München*  
*Michael Heizmann, Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung, Karlsruhe*

Bildverarbeitung spielt in vielen Bereichen der Technik eine wichtige Rolle. Die Bedeutung von Systemen, die mittels optischer Sensoren ihre Umgebung erfassen, hat in den letzten Jahren stark und stetig zugenommen. Allein die mit industrieller Bildverarbeitung erzielten Umsätze wachsen seit Jahren kräftig, was für andere wichtige Bereiche innerhalb der Automatisierungstechnik nicht gilt [1]. Bildverarbeitung hat sich über typische industrielle Anwendungen der Automatisierung und Qualitätssicherung hinaus weitere wichtige Domänen erschlossen, etwa die Sicherheitstechnik, den Straßenverkehr oder die Interaktionstechnik. Momentan ist nicht erkennbar, dass das Wachstum bildverarbeitender Systeme an eine unüberwindbare Grenze stoßen könnte.

Die Vorteile bildverarbeitender Systeme gegenüber anderen messtechnischen Systemen sind vielschichtig: Sie erfassen berührungslos, was unerwünschte Rückwirkungen auf die Szene ausschließt. Die Erfassungszeit hängt – sieht man von mechanischen Positioniervorgängen ab – praktisch nur von der Belichtungszeit des Bildsensors ab und bewegt sich im Bereich von Sekundenbruchteilen. Durch den geschickten Einsatz von Beleuchtung, Kamera und Signalverarbeitung lassen sich ganz unterschiedliche Aufgaben erfüllen; man denke etwa an die Prüfung von Aufdrucken, die Vollständigkeitskontrolle bei Montagevorgängen oder die Vermessung von Werkstücken, um nur einige zu nennen. Darüber hinaus sind Bilder meist gut interpretierbar, sodass Auswertergebnisse von Experten nachvollzogen werden können.

Demgegenüber stehen aber auch Herausforderungen, welche die Bildverarbeitung zu einer anspruchsvollen Technologie machen. Optische Systeme sind empfindlich gegen Staub und Erschütterungen; die Szene und die Kamera müssen meist vor Fremdlicht geschützt werden. Nicht zuletzt aufgrund der Datenfülle der Bilder werden Verfahren der Bildverarbeitung oft noch individuell an eine bestimmte Aufgabe maßgeschneidert, sodass der Transfer von Systemen und den dort implementierten Verfahren auf geänderte Aufgabenstellungen nicht ohne Weiteres möglich ist. Insbesondere wenn die Bildverarbeitung in Echtzeit zu erledigen ist – etwa bei Interaktions- und Assistenzsystemen –, muss die Komplexität hochwertiger, aber aufwendiger Verfahren so reduziert werden, dass ein guter Kompromiss zwischen der Qualität der Auswertung und der Rechenzeit erzielt wird. Insofern ist die Bildverarbeitung eine immer noch recht neue Technologie, deren Potenzial bei Weitem noch nicht ausgeschöpft ist.

Fortschritte in der Bildverarbeitung wurden in letzter Zeit auf mehreren Gebieten erzielt. Zum einen hat die rasante Entwicklung der Rechner- und Sensortechnik auch der Bildverarbeitung genützt. Erinnerung sei hier an die parallele Datenverarbeitung in bezahlbaren modernen Multicore-Prozessoren oder die Verwendung spezialisierter Hardware wie z. B. Grafikkarten für bestimmte Verarbeitungsschritte der Signalverarbeitung. Kameras werden immer mehr zu Standardkomponenten mit normierten Schnittstellen, wobei auch erhebliche Verbesserungen der Sensorik – etwa bei Infrarot-Kameras – zum Tragen kommen. Zum anderen sind bei der Verarbeitung der Bildsignale wichtige grundlegende Erkenntnisse gewonnen worden. Leistungsfähige mathematische Verfahren und effiziente Algorithmen stellen Schwerpunkte aktueller Forschung und Entwicklung dar. Hier haben sich unlängst wesentliche Neuerungen ergeben, etwa in den Bereichen der Modellbildung und Regularisierung schlecht gestellter Probleme, der Mustererkennung oder der Bildfusion.

Während Fortschritte in der Rechner- und Sensortechnik sehr schnell den Zugang zu kommerziellen Bildverarbeitungssystemen finden, haben es moderne Verfahren der Bildsignalverarbeitung meist schwerer. Solche Erkenntnisse entstehen oftmals im Umfeld universitärer oder anderer öffentlicher Forschungseinrichtungen, deren vorwiegender Zweck die Gewinnung von Wissen und nicht dessen Umsetzung ist. Eines der Ziele des Fachausschusses 3.51 „Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik“ der VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) ist, diesen Graben zwischen Theorie und Anwendung zu überwinden. Dazu hat der Fachausschuss im November 2007 die Tagung „Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik 2007“ veranstaltet. In 30 Beiträgen wurden aktuelle Trends sowie innovative Forschungs- und Entwicklungsergebnisse vorgestellt, von denen hier eine begrenzte Auswahl wiedergegeben wird.

Der Beitrag von *Bader* stellt ein System zur bildgestützten Mensch-Maschine-Interaktion vor. Gesten eines Bedieners werden vor beliebigen Anzeigeflächen mittels einer Bilderfassung im nahen Infrarot aufgenommen. Aus dem Zweck der ergonomischen Interaktion ergibt sich die harte Bedingung der Echtzeitfähigkeit der Bildauswertung, die durch eine ausgeklügelte und effiziente Merkmalsgewinnung auf der Grundlage der Handkontur eingehalten werden kann. Der Beitrag ist ein gutes Beispiel für die Praxisrelevanz echtzeitfähiger Algorithmen der Bildverarbeitung und Mustererkennung.

Ein weiteres Beispiel zur bildgestützten Mensch-Maschine-Interaktion wird im Beitrag von *Al Nahlaoui* vorgestellt. Die Blickrichtung eines Bedieners wird mittels eines Zweikamera-Systems, das die relative Lage der Iris und von Reflexionen auf der Hornhaut auswertet, in Echtzeit bestimmt. Ein Schwerpunkt liegt auf einer praxisgerechten geometrischen Modellierung des Auges und der Reflexionen von Lichtquellen mit bekannter Position im Raum. Ein weiterer Fokus ist die Kalibrierung des Systems, bei der mehrere benutzerspezifische Größen bzgl. der Geometrie des Auges geschätzt werden müssen.

Mit der Auswertung multivariater Bildserien beschäftigt sich der Beitrag von *Gheřa, Heizmann* und *Beyerer*. Ein Sensorarray aus mehreren gleichartigen, aber unterschiedlich fokussierten Kameras wird eingesetzt, um zeitgleich eine Bildserie mit variierter Kameraposition und -fokussierung zu erfassen. Das Fusionsproblem wird zunächst mittels eines Signalmodells analysiert und anschließend als Aufgabe der Energieminimierung formuliert. Die mit Hilfe moderner Optimierungsverfahren

erzielte Lösung der Aufgabe zeigt, dass mit dem Verfahren die räumliche Rekonstruktion von als problematisch bekannten Szenen deutlich verbessert wird.

Ebenfalls um die Auswertung von Bildserien geht es im Beitrag von *Pérez Grassi* und *Puente León*. In diesem Fall wird die Beleuchtungsrichtung systematisch variiert, um Defekte auf ästhetischen Oberflächen robust zu erkennen. Der vorgestellte Ansatz basiert auf Merkmalen, die sich durch Invarianz gegenüber Translation, Rotation, Beleuchtung sowie Kontrasttransformationen auszeichnen und gleichzeitig sehr gute Diskriminanzeigenschaften bei Lackdefekten aufweisen.

Der Vergleich von probabilistischen und evidenztheoretischen Methoden zur bildgestützten Erkennung von Fahrspuren für Fahrerassistenzsysteme ist Thema des Beitrags von *Duchow* und *Friedl*. Der Fahrspurerkennung liegt ein aus Streckenelementen bestehendes Modell zugrunde, bei dem sich die tatsächlich vorhandene Fahrspur über die Winkel der Streckenelemente zueinander darstellen lässt. Die Lage der Streckenelemente wird mittels Merkmalen der lokalen Orientierung und der Anisotropie bestimmt.

Der Beitrag von *Lange* et al. beschäftigt sich mit der bildverarbeitungsgestützten Detektion von Fasern in Beton. Neben der geringen Fasergröße kommen bei dieser Aufgabenstellung die große Faseranzahl, Überlappungen, Berührungen sowie Formfehler erschwerend hinzu. Um die stochastische Anordnung der Fasern auszuwerten, werden Methoden der mathematischen Morphologie, die randomisierte Hough-Transformation sowie Nachverarbeitungsmethoden eingesetzt.

Für den Einsatz in laufenden Fertigungsprozessen werden schnelle und berührungslose Verfahren zur Oberflächenvermessung benötigt. Damit beschäftigt sich der mit dem „*Best contribution award*“ ausgezeichnete Beitrag von *Patzelt* et al., in welchem auf verschiedene Streulicht-Messeffekte sowie deren Modellierung eingegangen wird. Durch die Verarbeitung der auf diese Weise erhaltenen Bilder werden quantitative Informationen über das untersuchte Werkstück (Position, Identifikation) sowie über dessen Oberflächenrauheit erhalten.

Schließlich geht es im Beitrag von *Nestler* et al. um die Aufbesserung von Messdaten, die mit Rasterkraftmikroskopen (AFM) gewonnen wurden. Insbesondere lässt sich bei einer Potenzialmessung nach der Kelvin-Methode (KFM) die geringere laterale Auflösung der Messdaten durch eine Entfaltung erhöhen. Gegenstand des Beitrags ist ein adaptives freiheitsgradbeschränktes Regularisierungsverfahren, das von den Autoren bereits erfolgreich zur Bildrestauration astronomischer Aufnahmen eingesetzt wurde.

Die in diesem Themenheft enthaltenen Aufsätze basieren auf den im Tagungsband [2] abgedruckten Beiträgen. Sie wurden für die Veröffentlichung in tm – Technisches Messen umfassend erweitert und redigiert.

#### Literatur

- [1] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA), [www.vdma.org](http://www.vdma.org).
- [2] *F. Puente León, M. Heizmann (Hrsg.): Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik, VDI-Berichte 1981, 2007.*



**Prof. Dr.-Ing. Fernando Puente León** leitet das Fachgebiet Verteilte Messsysteme an der Technischen Universität München.

**Hauptarbeitsgebiete:** Mess- und Automatisierungstechnik, Signalverarbeitung, automatische Sichtprüfung und Bildverarbeitung, Mustererkennung, Informationsfusion und Datenübertragung.

**Adresse:** Technische Universität München, Fachgebiet Verteilte Messsysteme, Theresienstraße 90/N5, 80333 München, E-Mail: f.puente@tum.de



**Dr.-Ing. Michael Heizmann** steht der Forschungsgruppe Variable Bildgewinnung und -verarbeitung am Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB vor und leitet derzeit den GMA-Fachausschuss 3.51 „Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik“.

**Hauptarbeitsgebiete:** Automatische Sichtprüfung und Bildverarbeitung, Bild- und Informationsfusion, Automatisierungstechnik.

**Adresse:** Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB, Fraunhoferstraße 1, 76131 Karlsruhe, E-Mail: michael.heizmann@iitb.fraunhofer.de

Die letztgenannten drei Beiträge erscheinen in Teil 2 des Themenheftes (tm 10/2008).