Innovation für industrielle Bildverarbeitung und Messtechnik

Die virtuelle Rekonstruktion der zerrissenen Stasi-Akten ist aufgrund der außerordentlichen Vielfalt an Papierfragmenten und der enormen Datenmenge eine schwierige Aufgabe, die lange Zeit als unlösbar galt. Neuartige Bildverarbeitungs- und Mustererkennungsmethoden mussten dafür entwickelt und erprobt werden. Somit stehen nun unter schwierigsten Bedingungen getestete Methoden zur Verfügung, die einen Quantensprung für das maschinelle Sehen, die Anwendung der Bildverarbeitung und die Produktionstechnik bedeuten.

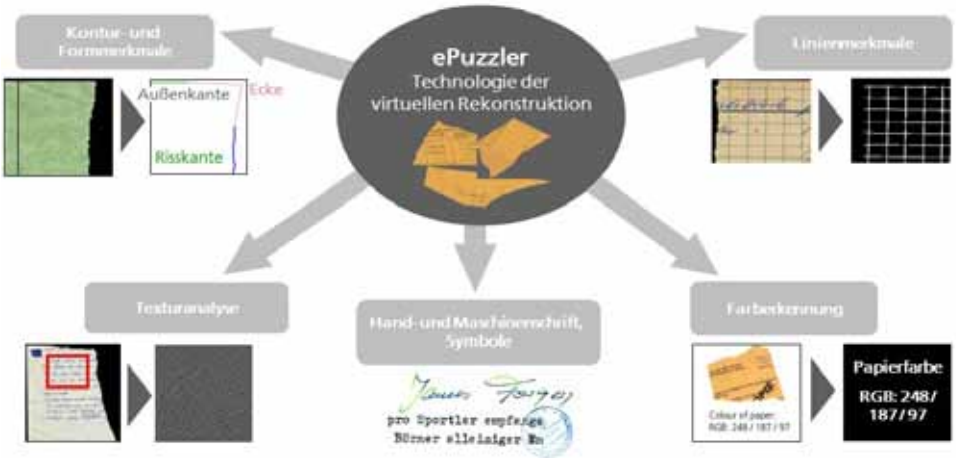
Schon seit Anfang der 1980er Jahre befasst sich die Abteilung Sicherheitstechnik am Fraunhofer IPK mit der Entwicklung bildauswertender Systeme für den Einsatz in der Produktionstechnik. Die Wissenschaftler entwickelten lernende Bildauswertungsmethoden zur automatischen Inspektion von Materialoberflächen im Rahmen der Qualitätssicherung und zur Steuerung von Handhabungs- bzw. Montageprozessen.

Da die Entwicklung dieser Systeme richtungsweisend war, ergaben sich seit Ende der 1980er Jahre Anwendungen in den Gebieten Verkehrstechnik und Sicherheitstechnik. So werden beispielsweise Systeme zur Fahrzeugidentifikation und zur Identifikation von Personen mittels biometrischer Merkmale erfolgreich realisiert.
Die Wissenschaftler erarbeiten zudem Konzepte zur zeiteffizienten und hochauflösenden Digitalisierung des Ausgangsmaterials sowie zur Langzeitarchivierung, Erschließung und Auswertung der rekonstruierten Dokumente.

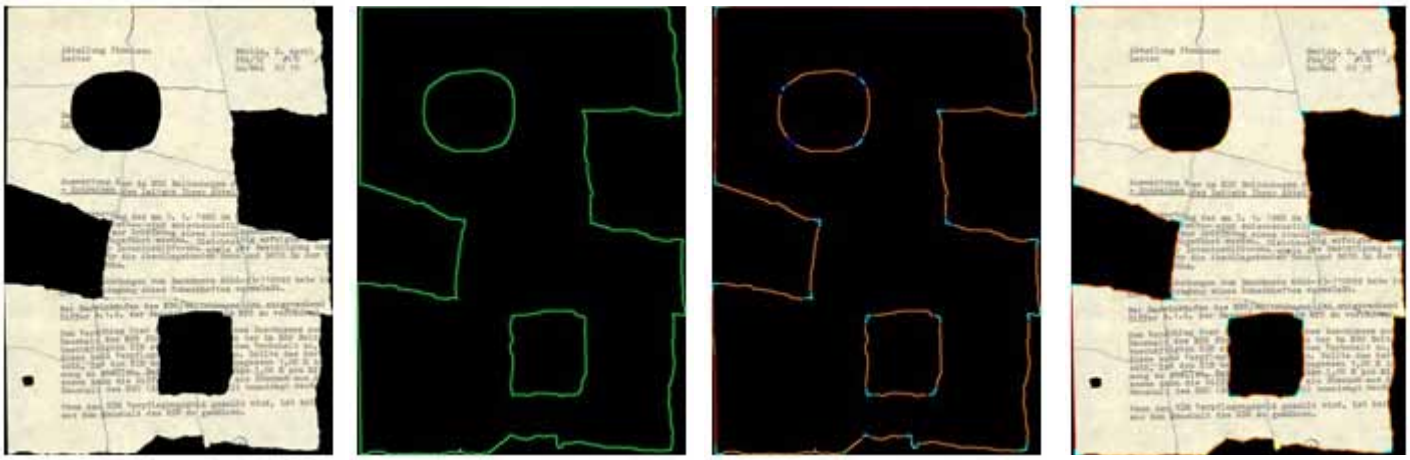
► Aus Fragment wird Dokument

Die Methodik der virtuellen Rekonstruktion ist vergleichbar mit der eines Menschen bei der Lösung eines Puzzles. Anhand einer Vielzahl von Merkmalen entscheidet dieser, ob zwei Teile zusammenpassen oder nicht. Analog zur menschlichen Vorgehensweise werden daher zunächst vom Rekonstruktionssystem verschiedene Merkmale wie beispielsweise Kontur, Papierfarbe oder Schrift aus den Schnipselbildern extrahiert. Aufgrund der sehr großen Schnipselmenge werden diese Merkmale genutzt, um den kombinatorischen Aufwand beim eigentlichen Puzzeln soweit wie möglich zu reduzieren. Dafür werden jeweils ähnliche Schnipsel mittels intelligenter Suchraumreduktion zunächst gruppiert, das heißt in einer Untermenge zusammengefasst. Innerhalb dieser reduzierten Mengen findet dann die eigentliche Rekonstruktion, das Matchen, statt. Dazu werden Schnipsel entlang ihrer Konturen auf Merkmalsübereinstimmungen hin verglichen. Werden passende Schnipsel gefunden, so werden diese zu einem größeren Teil der Seite zusammengefasst, erneut die Merkmale des zusammengesetzten Stücks berechnet und dieses als neuer Schnipsel in der weiteren Rekonstruktion berücksichtigt.

Wenn am Ende eines Rekonstruktionsvorgangs eine korrekt und vollständig zusammengesetzte Seite vorliegt, ist das ein wertvolles technisches Ergebnis. Für die inhaltliche Auswertung sind Einzelseiten jedoch meist von relativ geringem Wert. Daher werden derzeit in Kooperation mit Partnern Mechanismen entwickelt, die künftig helfen sollen, aus rekonstruierten Seiten ganze Dokumente oder gar



Merkmalsextraktion im ePuzzler



Pixelgenaue Bestimmung und Klassifikation von Konturabschnitten beliebiger 2-D-Objekte.

zusammenhängende Akten zu formieren. Diese Mechanismen sollen zukünftig um Werkzeuge ergänzt werden, die die Erschließung großer Mengen virtuellen Materials erleichtern.

► Industrielle Bildverarbeitung

Aus dem realisierten System zur virtuellen Rekonstruktion können folgende Module für die industrielle Bildverarbeitung abgeleitet werden:

- Robuste farbbasierte Objektfreistellung (Bluescreen-Verfahren)
- Schnelle und robuste Vordergrund-Segmentierung mittels Farbquantisierung
- Schnelle pixelgenaue Bestimmung und Klassifikation von Konturabschnitten eines beliebigen 2-D-Objektes
- Dichte- und Farbbasierte Inhaltsrepräsentation von Objekt-Abschnitten
- Kategorisierung von Farbwerten mittels Farbquantisierung zur robusten Ähnlichkeitsbestimmung
- Ähnlichkeitsbestimmung und pixelgenaue Ausrichtung von Konturabschnitten zweier Objekte

Ein weiteres Anwendungsgebiet für die Bildverarbeitung in der Produktionstechnik ist die Messtechnik. Die bildverarbeitungsbasierte Messtechnik erfordert die pixelgenaue Bestimmung von Konturen bzw. Konturabschnitten. Hierzu stellt das Rekonstruktionssystem ein Modul zur Verfügung, das sich durch Schnelligkeit und Robustheit auszeichnet.

► Von Rekonstruktion zu Re-Produktion

Mittlerweile wurde begonnen, die Methodik der virtuellen Rekonstruktion zerstörter Dokumente auf dreidimensionale Objekte unterschiedlicher Materialien zu übertragen. Die Wiederherstellung zerstörter 3-D-Objekte ist in vielfältiger Weise für die Archäologie und Kunstgeschichte relevant. Die Wissenschaftler des IPK sind zurzeit mit der visuellen Rekonstruktion zerstörter babylonischer Keilschrifttafeln beschäftigt (mehr dazu im Artikel auf S. 12). Schon heute ist es durchaus üblich, bestimmte Skulpturen dreidimensional zu scannen und die erfassten Daten zu verwenden, um diese Kunstgegenstände in Serie zu produzieren und Kunstliebhabern zum Verkauf in Museen anzubieten. Mittels der Rekonstruktionstechnik können unwiederbringlich geglaubte Kulturobjekte zunächst rekonstruiert und anschließend produziert werden. ■

Automatische Optische Prüfung

Kosmetische Produkte müssen nicht nur funktional, sondern auch ästhetisch einwandfrei sein. Problematisch ist dies bei Naturprodukten wie Kollagentüchern zur Gesichtsbehandlung. Anteile dieser Tücher werden aus Tierhäuten gewonnen und haben kein einheitliches Aussehen. Eine optische Vorkontrolle konnte bislang aufgrund der Vielzahl möglicher Fehler nur durch Menschen ausgeführt werden.
Das Fraunhofer IPK hat zusammen mit der Dr. Suwelack Skin & Health Care AG ein Mehr-Kamera-System mit angepassten Lichquellen entwickelt, das die Tücher im Produktionsprozess automatisiert prüft. Bei der Softwareentwicklung kamen Verfahren der künstlichen Intelligenz, insbesondere Fuzzy-Logik zur Anwendung, um subjektive Bechreibungen erfahrener Prüfer automatisch zu verarbeiten. Der praktische Einsatz zeigt, dass das Prüfsystem trotz der variantenreichen Fehlerarten in der Lage ist, die subjektiven Prüfkriterien zu adaptieren.

Ihre Ansprechpartner
Dr.-Ing. Bertram Nickolay
Telefon +49 30 39006-201
bertram.nickolay@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Jan Schneider
Telefon +49 30 39006-203
jan.schneider@ipk.fraunhofer.de