



Bei Naturmaterialien wie Leder ist aufgrund der hohen Varianz eine automatische Qualitätskontrolle sehr schwierig. In der Abteilung Bildverarbeitung wurde ein System entwickelt, das durch Teil-Automatisierung der Qualitätsinspektion die Expertise und Flexibilität der manuellen Inspektion erhält und dennoch eine große Aufwands- und Kostenersparnis darstellt.

BILDVERARBEITUNG

- **QUALITÄTSSICHERUNG UND -OPTIMIERUNG**

Online-Prüfung des optischen Erscheinungsbildes von Industrieprodukten

- **OBERFLÄCHEN- UND MATERIALCHARAKTERISIERUNG**

Charakterisierung und stochastische Modellierung von Mikrostrukturen anhand von 3D-Bilddaten

- **BILDVERSTEHEN UND SZENENANALYSE**

Semantische Analyse von Bilddaten



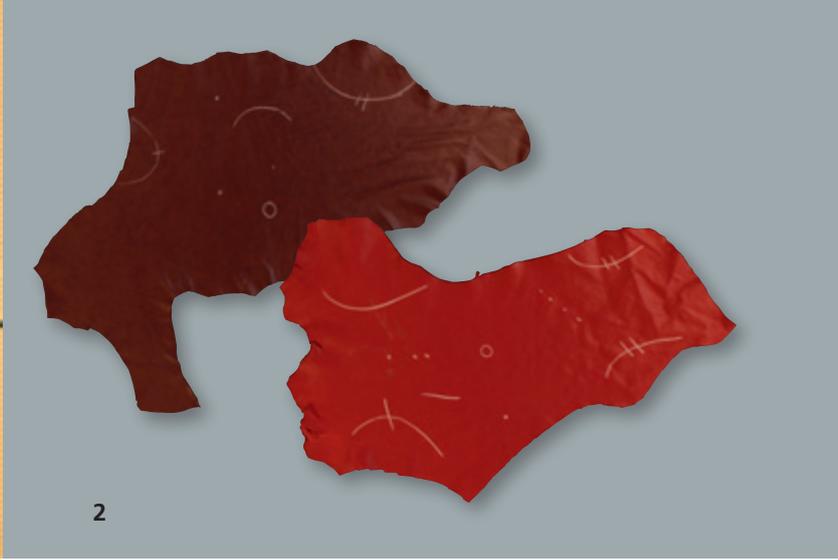


Die Abteilung Bildverarbeitung entwickelt in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte Lösungen auf dem Gebiet der Bild- und Signalverarbeitung, insbesondere mit den Schwerpunkten »Qualitätssicherung und -optimierung« und »Oberflächen- und Materialcharakterisierung«. Im Jahr 2015 entstand außerdem der neue Schwerpunkt »Bildverstehen und Szenenanalyse«, den wir als Keimzelle verstehen und in den nächsten Jahren weiter ausbauen möchten. Die Bildverarbeitungsbranche ist seit Jahren ein Wachstumsmarkt; so ist z. B. der Umsatz der Branche in Europa 2015 um ca. 10 % gewachsen. Dies hat auch dazu geführt, dass die Abteilung im letzten Jahr nicht nur viele Projekte für ihre Kunden umsetzen konnte, sondern auch die Anzahl der Kooperationen mit Unternehmen aus der Bildverarbeitungsbranche stark gestiegen ist. Auch die beiden Bildverarbeitungs-Softwarepakete – **MAVI** und **ToolIP** – wurden wieder erfolgreich an Industrie und Forschung verkauft.

Das Hauptaugenmerk im Bereich »Qualitätssicherung und -optimierung« lag und liegt in der Entwicklung effizienter und innovativer bildbasierter Komplettlösungen für die automatisierte Qualitätssicherung in der Produktion. Der mathematische Kern dieser Komplettlösungen – die Verfahren und Algorithmen zur Bildverarbeitung – und ihre Umsetzung in effiziente, komplexe Software sind hierbei Herausstellungsmerkmale gegenüber anderen Anbietern von Bildverarbeitungssystemen.

Die Mikro- und Nanostruktur moderner Werkstoffe bestimmt deren makroskopische Materialeigenschaften. Deren Analyse gewinnt kontinuierlich an Bedeutung, da sich weiterhin die technischen Möglichkeiten zur dreidimensionalen hochauflösenden Abbildung verschiedenartiger Materialien sehr schnell entwickeln. Die Arbeiten am ITWM konzentrieren sich auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostrukturen von Werkstoffen unter Verwendung von Methoden der stochastischen und Integralgeometrie. Darauf aufbauend werden räumliche Modelle dieser Werkstoffe erstellt, die die geometrischen Strukturverhältnisse gut widerspiegeln und so Berechnungen und Simulationen vereinfachen bzw. erst ermöglichen.

Hervorgegangen aus den algorithmischen Entwicklungen und industriellen Bedürfnissen der letzten Jahre ist die Keimzelle »Bildverstehen und Szenenanalyse«. Unter diesem Gebiet versteht man die semantische Analyse von Bilddaten, oft aufgenommen im Außenbereich. Ein einfaches Beispiel dafür ist die Verkehrszeichenerkennung. Neben den Industrieprojekten gab es in der Abteilung zwei Promotionen zu diesem Thema; weitere Forschungsanträge sind geplant.



KONTUR- UND MARKIERUNGSERKENNUNG VON LEDERHÄUTEN

Die Abteilung Bildverarbeitung hat in der Vergangenheit schon verschiedentlich mit der lederverarbeitenden Industrie zusammengearbeitet und Erfahrungen in diesem Bereich gesammelt. Als Naturmaterial hat Leder sehr viele interessante und herausfordernde Eigenschaften.

Normalerweise geht es in Industrienanwendungen darum, gefertigte Materialien zu analysieren und auf Form, Struktur und Fehler zu prüfen. Im Gegensatz dazu sind Naturmaterialien wesentlich anspruchsvoller aufgrund der hohen Varianz sowohl bei den Gut-Teilen als auch bei den Schlecht-Teilen. Daher gibt es in diesem Bereich eine Reihe interessanter Fragestellungen, die in anderen Industrien als bereits gelöst gelten, sowie manuelle Lösungen, die in anderen Industrien schon vollständig automatisiert sind.

In diesem Zusammenhang entwickelt die Abteilung derzeit in Kooperation mit der Firma IsoDev eine Software, für die es in der lederverarbeitenden Industrie eine breite Interessentengruppe gibt. Es geht darum, in der Qualitätskontrolle ein schnelles unkompliziertes Tool zur Unterstützung der manuellen Inspektion, die noch immer Standard ist, zu schaffen. Das angebotene System erkennt vollautomatisch die Lederkontur sowie nach festen Vorgaben gemachte manuelle Markierungen. Die Bildaufnahme erfolgt mittels optischer Sensoren sowohl von kompletten Lederhäuten (bis zu 3 × 3 m) als auch auf kleineren Teilstücken.

Um ein möglichst kostengünstiges und breit einsetzbares System zu haben, wird eine Standardkamera verwendet, in einem Arbeitsabstand von zwei Metern. Durch eine speziell entwickelte Kalibrierung ist dennoch eine hohe Vermessungsgenauigkeit möglich. Obwohl weder an die Geometrie der Häute noch an die Farbe Anforderungen gestellt werden können, werden die Konturen ohne Fehldetektion erkannt. Dank moderner morphologischer Verfahren werden im Anschluss auch die Markierungen erkannt und entsprechend der industriellen Standards klassifiziert. Die Ergebnisse der Detektion werden dann entsprechend der Kalibrierung in eine Vektorgrafik umgewandelt, die für die nachfolgende maschinelle Verarbeitung direkt nutzbar ist. Auf diese Art wurde ein System geschaffen, das durch diese Teil-Automatisierung der Qualitätsinspektion die Expertise und Flexibilität der manuellen Inspektion erhält und dennoch eine große Aufwands- und Kostenersparnis darstellt.

1 *Vollständige Kuhhaut mit manuell erstellten Markierungen der verschiedenen Qualitätsbereiche*

2 *Teilstücke von eingefärbten und markierten Lederhäuten*



1



2

DAS HOLZANALYSE- UND BERECHNUNGSLABOR

1 Innenansicht des neuen CT; zu sehen ist links der Detektor, in der Mitte die Rotationseinheit und rechts die Röntgenröhre.

2 Außenansicht des neuen CT

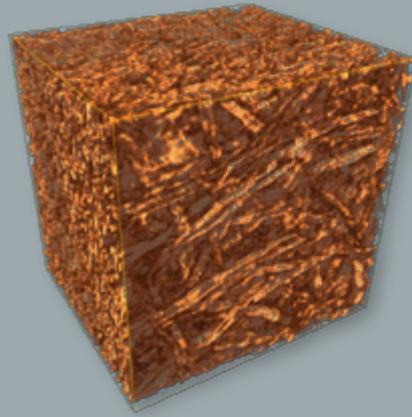
Holz ist als Werkstoff sehr vielseitig einsetzbar. Allerdings ist Holz als natürlicher Werkstoff auch ein sehr kompliziertes Material; dies gilt sowohl für Massivholz als auch für Faserplatten und Holzverbundwerkstoffe. In Deutschland gibt es einige Forschungseinrichtungen, die sich mit Holzforschung befassen, aber nur in Kaiserslautern leitet die Abteilung Bildverarbeitung ein Labor, das innovative Bildverarbeitung mit konstruktivem Holzbau verbindet. Grundlegende Idee dabei ist, nicht nur verschiedenste Analysetechniken zu kombinieren, sondern auch klassische Prüfverfahren zumindest teilweise durch Modellierung und Simulation der Holzwerkstoffe zu ersetzen oder zu ergänzen. Dabei soll das Labor nicht in Konkurrenz zu den in Kaiserslautern vorhandenen Laboren (TU Kaiserslautern, Institut für Verbundwerkstoffe) stehen, sondern diese durch neue Methoden und Simulation ergänzen.

Die konstruktive Auslegung von Holzwerkstoffen hängt vom Anwendungszweck ab, da die Anforderungen an Festigkeit/Belastbarkeit, Resistenz gegen Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen, Wärmeisolation, Schallabsorption usw. je nach Einsatzgebiet stark variieren. Das gilt sowohl für das Holzmaterial selbst als auch für die Verbindung von Holzteilen untereinander und mit anderen Werkstoffen. Ähnlich verhält es sich mit Verbundwerkstoffen, die auf anderen Naturfasern basieren (z. B. Flachs, Hanf). Im Folgenden soll ein Überblick über die am ITWM vorhandenen Analysemethoden gegeben werden. Eine davon ist die Mikrostrukturanalyse auf der Basis von Bilddaten, die mittels Computertomografie gewonnen werden. Das ITWM hat leistungsfähige Methoden zur Faseranalyse entwickelt, mit denen Faserrichtungs-, Faserdurchmesser- und in Zukunft auch Faserlängenverteilungen ermittelt werden können. Weiterhin sind Aussagen über die Topologie des Materials möglich. Zusätzlich können Defekte und Einschlüsse detektiert werden. Ähnliches gilt für Füge- und Klebeverbindungen, die wichtig sind, da dort der Krafteintrag besonders kritisch ist. Alle diese Eigenschaften haben erheblichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs.

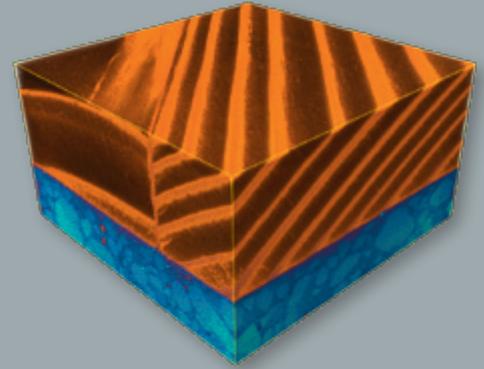
Die am ITWM verwendeten stochastischen Mikrostrukturmodelle bilden die Eigenschaften realer Materialien nach (auf Basis der Mikrostrukturanalyse). Zusätzlich ist es möglich, Materialparameter zu verändern. Damit können die physikalischen Eigenschaften von Materialien per Computer vorausgesagt werden. Dies ist für die Auslegung moderner Holzverbundwerkstoffe ein wichtiges Werkzeug. Mit Bildverarbeitung ist es möglich, große Flächen hochauflösend zu erfassen. Zwar können innenliegende Defekte nicht erfasst werden, jedoch sind strukturelle Veränderungen in der Regel auch an der Oberfläche sichtbar. Die Möglichkeiten der Berechnung von Struktureigenschaften bleiben hinter denen der Mikrostrukturanalyse zurück, können aber ohne Probenentnahmen von großen Flächen schnell ermittelt werden. Damit liegen 2D-mikroskopisch-makro-



3



4



5

skopische Eigenschaften vor, die teilweise komplementär zu denen der Mikrostrukturanalyse sind und sinnvoll zur Gesamtbewertung des Bauteils genutzt werden können. Zusätzlich können solche Systeme bei der Qualitätskontrolle in der Produktion eingesetzt werden. Mittels mathematischer Verfahren ist es möglich, wichtige Eigenschaften von Materialien vorauszusagen. Typische Eigenschaften sind Festigkeit, Feuchteintrag/-resistenz, Eigenschaften der Klebe- und Fügeverbindungen, Wärmeleitung, Akustik usw. Bisher wurden die Berechnungen am ITWM auf Basis der Bilddaten der Mikrostrukturanalyse bzw. der Mikrostrukturmodelle ausgeführt. Gerade für große Holzbauteile führt die Kombination mit komplementären Ergebnissen aus der Oberflächenerfassung zu einer neuen Qualität der Simulation.

Dank der Förderung aus EFRE-Mitteln (EU und Land Rheinland-Pfalz) konnten Geräte angeschafft und modernisiert werden, mit denen wir die beschriebenen Verfahren effektiv anwenden können. Die wichtigsten Geräte im Überblick:

- Der vorhandene Computertomograph wurde modernisiert. U. a. wurde ein Detektor mit einer Auflösung von $3k \times 3k$ nachgerüstet, der Bildkontrast verbessert (Dual Energy), die Rekonstruktion beschleunigt und um die sog. Laminografie – eine spezielle Form der Computertomografie, die besonders für größere flache Bauteile geeignet ist – erweitert.
- Für die Oberflächenprüfung wurde ein hochauflösender Industriescanner mit mehreren integrierten Beleuchtungen angeschafft. In der Oberflächenprüfung werden Defekte auf dem Material durch eine spezielle Anordnung von Licht und Kamera sichtbar gemacht. Dieser Scanner erlaubt ein einfaches Testen verschiedener Anordnungen.
- Mit einer Nahinfrarot-Spektalkamera können komplette Spektren aufgenommen werden. Diese Spektren enthalten chemische Informationen, was für die Holz- und Naturfaserverbundwerkstoffe von Bedeutung ist, da hierdurch einerseits Fäulnis und Holzzusammensetzung analysiert werden können, aber auch der Anteil und gegebenenfalls die Zusammensetzung der Kunststoffe bei Verbundwerkstoffen gemessen werden kann.
- Zur Charakterisierung der strukturmechanischen Eigenschaften ist ein Messgerät zur frequenz- und temperaturabhängigen Ermittlung der elastischen Modul- und Dämpfungs-werte vorhanden (DMA/DMTA). Diese Materialparameter werden ebenfalls für die Simulation benötigt.

3 Das DMTA-Prüfgerät

4 Mikrostruktur einer Lebensmittelverpackung aus Holz, Pixelkantenlängen $1,5 \mu\text{m}$, Ausschnittgrößen ca. $5 \times 6 \times 6 \text{ mm}$ (Probe: TU Dresden, AG Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik)

5 Holz-Polymerbeton-Verbund, Pixelkantenlängen $21 \mu\text{m}$, Ausschnittgrößen $19 \times 19 \times 10 \text{ mm}$ (Probe: Hochschule Trier, Forschungsgebiet Holz)

