

## **Zerstörungsfreie Lokalisierung verdeckter Werkstoffanomalien bei der Verarbeitung von Naturwerkstoffen mit anisotropen Struktur-Eigenschafts-Merkmalen mit Hilfe thermographischer Detektionsverfahren (LoveWa)**

Bei der Verarbeitung von Naturwerkstoffen wie z.B. Leder, Massiv- und Sperrholz muss in der Regel berücksichtigt werden, dass diese beim Zuschnitt nicht in der ganzen Fläche nutzbar sind, sondern mehr oder weniger unsichtbare Werkstoffanomalien aufweisen. Bei Leder sind dies z.B. Adrigkeit, Falten, Verletzungen, Insektenschäden oder Fehler, die bei der Verarbeitung bzw. Zurichtung entstehen. Bei Sperrholz werden Fehler wie z.B. ausgefallene Äste, Risse, offene Stoßfugen oder Verklebungsfehler durch die Außenlage verdeckt. Stand der Technik ist, dass die meisten dieser Fehler bzw. fehlerhafte Teile, soweit möglich, manuell aussortiert werden müssen. Ziel des Vorhabens war es daher, insbesondere mit Thermographie und Bildverarbeitung diese Sortiervorgänge zu unterstützen oder zu ersetzen bzw. eine Fehlererkennung überhaupt erst zu ermöglichen.

Als Versuchsmaterialien dienten

- Eine Mustersammlung aus 130 Lederstücken mit klassifizierten Fehlern,
- Einzelproben in unterschiedlichen Formaten und mit teilweise gezielt hergestellten Merkmalen (Materialverdichtung, Oberflächenprägung, Stuckierung, Zurichtung, Dotierung mit expansionsfähigen Mikrokapseln, verschiedene natürliche Merkmale),
- 41 Proben von Leder aus Industrieproduktion jeweils als wet-blue, Crust und nach Zurichtung
- Massivholzplatten für die Herstellung von Bleistiften,
- Schichtstoffplatten mit Beschichtungen aus Papier, Alublech, MDF,
- Schalungsplatten aus mehrlagigem Sperrholz mit Kunststoffbeschichtung.

Leder ist im Vergleich zu Holz ein Material mit deutlich geringerer Wärmeleitfähigkeit. Um dieses mit Wärmeimpulsen zu beaufschlagen und Wärmebildsequenzen aufnehmen zu können, wurden die Anregungsverfahren

- Strahlung (Infrarot-Linienstrahler bei auf einem Förderband bewegten Proben, Infrarotblitz bei ruhenden Proben)
- Kontakt (Heißpressen)
- Warmluft (Durchlauf Trockner)
- Dampf (Durchlauf-Bedampfungsanlage)

untersucht. Es erwies sich als zweckmäßig, Leder mit Hilfe einer Spannplatte flach zu halten, um Fehldetektionen aufgrund von Falten bzw. Wellen zu vermeiden. Bei Holzwerkstoffen konnte auf bereits vorliegende Erfahrungen bei der Anregung mit Strahlungsverfahren zurückgegriffen werden.

Die Wärmebildsequenzen wurden mit Thermographiekameras unterschiedlicher Empfindlichkeit aufgenommen. An liegenden Proben aufgenommene Bildsequenzen wurden nach dem Prinzip der Puls-Phasen-Thermographie (PPT) ausgewertet. Dabei entsteht eine neue Bildsequenz, deren Einzelbilder den jeweiligen Wärmefluss aus einer bestimmten Tiefe des Materials repräsentieren. Bilder von Lederproben wurden zusätzlich mit definiert gerichteter Beleuchtung (unter einem Winkel von  $10^\circ$  aus drei Richtungen einfallendes Streiflicht) aufgenommen. Die Beiträge der drei Richtungen wurden mit Hilfe lokaler Grauwertstatistiken erster Ordnung und adaptierter Binarisierungsschwellen ausgewertet, so dass die Fehler nach einer Datenfusion detektiert werden konnten.

Aus den Versuchen ergaben sich folgende Erkenntnisse für die Erkennbarkeit von Werkstoffanomalien:

- Bei Fertigleder können mit Thermographie oberflächennahe Merkmale (z.B. Fehler in der Zurichtung, verdeckte Stuckierungen) unter bestimmten Voraussetzungen erkannt werden, jedoch keine Wuchsanomalien. Dies ist bestenfalls möglich im Verarbeitungszustand Crust. Leder, das mit unter Wärmeeinfluss expandiertem Füllmaterial behandelt wurde, unterscheidet sich bei der thermographischen Messung von unbehandeltem.
- Thermographische Bilddaten im wet-blue waren aufgrund des Feuchtegehaltes schwierig auszuwerten. Im Crust und nach der Zurichtung konnten bestimmte Fehler visualisiert werden, die jedoch oft nicht mit den Fehlermustern im wet-blue übereinstimmten. Eine Fehlererkennung schon für wet-blue-Leder wäre zwar wünschenswert, erscheint jedoch aufgrund der Projektergebnisse schwierig bzw. nur mit Bildaufnahme im Schräglicht und nachfolgender Kombination der Bilder aus verschiedenen Einfallrichtungen möglich.
- Die thermographische Prüfung von Leder erfordert eine Wärmebildkamera mit guter thermischer Auflösung.
- An Material aus der Sperrholz verarbeitenden Industrie zeigte sich, dass typische Merkmale an Holzwerkstoffen (z.B. Delaminationen aufgrund fehlerhafter Verleimung, offene Fugen unter Decklagen usw.) verhältnismäßig einfach zu detektieren sind, weil Plattenwerkstoffe normalerweise trocken und eben und die Parameter für thermographische Bildaufnahmen bekannt sind.

Ein Assistenzsystem für Leder, das auffällige Fehler erkennt und die ca. 40 % fehlerhaften Teile vor der weiteren visuellen Prüfung auszusortieren hilft, könnte das Personal bei der Sortierung deutlich entlasten. Wuchs- und krankheitsbedingte Anomalien sind mit Thermographie im Verarbeitungszustand Crust unter bestimmten Voraussetzungen erkennbar, verarbeitungsbedingte Fehler im Fertigleder ebenfalls. Eine mögliche Anlagenkonfiguration erfordert insbesondere einen Linienstrahler für die thermische Anregung und eine gleichförmige Bewegung der Proben bzw. eine definierte Ruhelage, um den Abkühlvorgang zu erfassen. Beim Handling der zu prüfenden Stücke ist darauf zu achten, dass diese flach liegen. Aufgrund der Projektergebnisse kann je nach Materialart, Verarbeitungszustand und Probengröße der Aufwand für eine Prüfanlage und deren Leistungsfähigkeit gut abgeschätzt werden.

Für Werkstoffe, deren Nutzung nach wie vor mit Problemen aufgrund nicht sichtbarer Werkstoffanomalien und Verarbeitungsfehler verbunden ist, konnten durch das Projekt die Möglichkeiten, diese zu erkennen, verbessert werden. Die entwickelten Verfahren zur Bildgewinnung können als Grundlage zur Konzeption industrieller Prüfanlagen dienen. Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde daher bei wesentlichen Teilaufgaben erreicht.

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) und den Internationalen Verein für Technische Holzfragen (iVTH) gefördert.

Förderkennzeichen: 257 ZBG

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:  
»Internationaler Verein für Technische Holzfragen e. V.«  
Bienroder Weg 54 E  
38108 Braunschweig

