

# A Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                        |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>A Inhaltsverzeichnis .....</b>                                                                                                                      | <b>I</b> |
| <b>B Bildverarbeitung - Eine Technologie mit breitem Einsatzfeld .....</b>                                                                             | <b>1</b> |
| <b>1 Einleitung.....</b>                                                                                                                               | <b>1</b> |
| <b>2 Einführung in die Bildverarbeitung .....</b>                                                                                                      | <b>4</b> |
| 2.1 Was ist Bildverarbeitung?.....                                                                                                                     | 4        |
| 2.2 Industrielle Bildverarbeitung.....                                                                                                                 | 6        |
| 2.2.1 Mustererkennung (engl. pattern recognition).....                                                                                                 | 7        |
| 2.3 Industrielle Bildverarbeitung und Qualitätssicherung .....                                                                                         | 7        |
| <b>3 Bildverarbeitungssysteme: Technik, Verfahren und Komponenten .....</b>                                                                            | <b>9</b> |
| 3.1 Die Technik der digitalen Bildverarbeitung .....                                                                                                   | 9        |
| 3.1.1 Die Verarbeitung von Bildmaterial .....                                                                                                          | 10       |
| 3.2 Bildgebende Verfahren und Sensorsysteme .....                                                                                                      | 11       |
| 3.2.1 CCD-Sensor.....                                                                                                                                  | 11       |
| 3.2.1.1 Flächenkamera .....                                                                                                                            | 12       |
| 3.2.1.2 Zeilenkameras .....                                                                                                                            | 12       |
| 3.2.2 Röntgen .....                                                                                                                                    | 13       |
| 3.2.3 Ultraschall.....                                                                                                                                 | 13       |
| 3.2.4 Laser .....                                                                                                                                      | 14       |
| 3.2.5 Optik.....                                                                                                                                       | 15       |
| 3.2.6 Thermografie-(IR)-Bildverarbeitung: Wärmebildkameras und Thermovision.....                                                                       | 16       |
| 3.2.6.1 Einsatzgebiete und Anwendungen der Thermografie .....                                                                                          | 17       |
| 3.2.6.2 Physikalische Grundlagen der Thermografie .....                                                                                                | 18       |
| 3.2.6.3 Gerätetechnik .....                                                                                                                            | 19       |
| 3.2.7 Holografische Meßverfahren: Lasergestützte TV-Holografie und -Shearografie - optische Verfahren zur zerstö-<br>rungsfreien Werkstückprüfung..... | 21       |
| 3.2.7.1 Anwendungen .....                                                                                                                              | 21       |
| 3.2.7.2 Kurzbeschreibung der holografischen Meßtechniken .....                                                                                         | 22       |
| 3.2.7.3 Systembeschreibung.....                                                                                                                        | 23       |
| 3.3 Bildverarbeitungskomponenten.....                                                                                                                  | 24       |
| 3.3.1 Beleuchtungseinrichtung .....                                                                                                                    | 24       |
| 3.3.2 Bildaufnahmekarten .....                                                                                                                         | 26       |
| 3.3.3 Bussysteme .....                                                                                                                                 | 27       |
| 3.4 Verfahren zur Bildauswertung.....                                                                                                                  | 28       |
| 3.4.1 Ausgangsbasis der Bildauswertung: Digitale Bilder.....                                                                                           | 28       |
| 3.4.1.1 Bildauflösung .....                                                                                                                            | 28       |
| 3.4.1.2 Graubilder und Binärbilder .....                                                                                                               | 29       |
| 3.4.2 Filterverfahren.....                                                                                                                             | 29       |
| 3.4.3 Transformationsverfahren .....                                                                                                                   | 30       |
| 3.4.3.1 Fouriertransformation .....                                                                                                                    | 31       |
| 3.4.3.2 Hough-Transformation .....                                                                                                                     | 31       |
| 3.4.3.3 Korrelationsanalyse .....                                                                                                                      | 32       |
| 3.4.4 Neue Wege und Methoden der Bildverarbeitung und -auswertung.....                                                                                 | 32       |
| 3.4.4.1 Der Einsatz von Neuronalen Netzen in der Bildverarbeitung.....                                                                                 | 32       |
| 3.4.5 Bildverarbeitung mit Fuzzy Logik.....                                                                                                            | 34       |
| 3.4.5.1 Fuzzy-Bildverarbeitung eröffnet neue Wege.....                                                                                                 | 35       |
| 3.4.5.2 Bildverarbeitung mit Hilfe der Fuzzy Entscheidungsunterstützung .....                                                                          | 35       |
| 3.4.5.3 Qualitative und strukturelle Fuzzy-Bildverarbeitung.....                                                                                       | 40       |
| 3.4.5.4 Eigenschaften der Fuzzy Bildverarbeitung .....                                                                                                 | 41       |

|                                                                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>C Branchenspezifischer Teil .....</b>                                                                                                                                               | <b>43</b> |
| <b>4 Versorgungsbranche: Gas-, Wasser-, Strom- und Wärmegewinnung sowie -versorgung.....</b>                                                                                           | <b>43</b> |
| 4.1 Allgemeines .....                                                                                                                                                                  | 43        |
| 4.2 Instandhaltung mittels Thermografie im Kraftwerksbereich .....                                                                                                                     | 43        |
| 4.2.1 Welche Arten von Fehlerquellen lassen sich mit Hilfe der Thermografie in elektrischen Anlagen ermitteln? .....                                                                   | 44        |
| 4.2.2 Welche Arten von Fehlerquellen lassen sich mit der Thermografie in „nicht“-elektrischen Kraftwerksanlagen ermitteln? .....                                                       | 44        |
| 4.3 Optronische Dichtigkeitsprüfung mit Infrarot-(IR)-Kameras .....                                                                                                                    | 44        |
| 4.3.1 Funktionsweise .....                                                                                                                                                             | 45        |
| 4.4 Detektion von Gasen .....                                                                                                                                                          | 45        |
| 4.4.1 Anwendungsbedarf .....                                                                                                                                                           | 45        |
| 4.4.2 Die Lösung.....                                                                                                                                                                  | 45        |
| 4.4.3 Funktionsprinzip des „GasVue“-Systems .....                                                                                                                                      | 45        |
| 4.4.4 Entwicklungsstand und -potentiale des Systems.....                                                                                                                               | 46        |
| 4.5 Gebäudethermografie - ein Weg zur Aufdeckung von Wärmeverlusten und -lecks .....                                                                                                   | 46        |
| 4.6 Video-Endoskopie - ein Verfahren zur Prüfung von Energiegewinnungsanlagen .....                                                                                                    | 46        |
| 4.7 Vermeidung von Überschüttungen von Förderanlagen in Kohlekraftwerken .....                                                                                                         | 47        |
| 4.8 Planung von Baumaßnahmen mittels Bildverarbeitung .....                                                                                                                            | 47        |
| <b>5 Entsorgungsbranche.....</b>                                                                                                                                                       | <b>48</b> |
| 5.1 Müll-Überwachung in Müllverbrennungsanlagen (MVA): Früherkennung von Glutnestern und Brandbekämpfung in Müllbunkern mittels Thermografie-(Infrarot-IR)-Bildverarbeitung /110/..... | 48        |
| 5.1.1 Hintergrund der Anwendung .....                                                                                                                                                  | 48        |
| 5.1.2 Einsatzmöglichkeiten einer Thermografie-Kamera .....                                                                                                                             | 48        |
| 5.1.3 Funktionsweise .....                                                                                                                                                             | 48        |
| 5.2 Exemplarisches Applikationsbeispiel: Robot-Vision-System zur Störstoffselektion in einer Biokompostieranlage ....                                                                  | 49        |
| 5.2.1 Hintergrund und Anwendungsbedarf.....                                                                                                                                            | 49        |
| 5.2.2 Anwendungs- und Systembeschreibung: Robot-Vision-System zur Störstoffselektion in einer Biokompostieranlage.....                                                                 | 49        |
| 5.2.3 Ausblick .....                                                                                                                                                                   | 50        |
| 5.3 Einsatz eines Farberkennungssystems in Recyclinganlagen .....                                                                                                                      | 50        |
| 5.3.1 Funktionsprinzip.....                                                                                                                                                            | 50        |
| 5.3.2 Systemeigenschaften .....                                                                                                                                                        | 51        |
| 5.3.3 Zusammenfassung .....                                                                                                                                                            | 51        |
| 5.3.4 Fazit .....                                                                                                                                                                      | 51        |
| 5.4 Bildverarbeitung in einem flexiblen Demontage- und Informations-System zum Recycling von Elektro- und Elektronikaltgeräten .....                                                   | 51        |
| 5.5 Belastung sichtbar machen: Transportbehälter für die Rekonditionierung nuklearer Reststoffe .....                                                                                  | 52        |
| 5.6 Steuerung des Abbrandes bei MVAs mittels Temperaturfeldmessung durch IR-Thermografie und Fuzzy-Regelung .....                                                                      | 53        |
| <b>6 Entwicklungspotentiale für den BV-Einsatz in der Versorgungs- und Entsorgungsbranche.....</b>                                                                                     | <b>58</b> |
| 6.1 Automatisierte Faserzählung bei Filteranalysen .....                                                                                                                               | 58        |
| 6.2 Rauchgasanalyse von Verbrennungsgasen.....                                                                                                                                         | 58        |
| <b>7 Chemische Industrie .....</b>                                                                                                                                                     | <b>59</b> |
| 7.1 Dispersion - Oberflächenkontrolle mit Fuzzy-Bildverarbeitung .....                                                                                                                 | 59        |
| <b>8 Metallerzeugung und -verarbeitung.....</b>                                                                                                                                        | <b>61</b> |
| 8.1 Übersicht eingesetzter BV-Applikationen in der Metallerzeugung und -verarbeitung .....                                                                                             | 61        |
| 8.2 Darstellung einiger BV-Applikationen in der Metallerzeugung und -verarbeitung .....                                                                                                | 63        |
| 8.2.1 Breitenmessung von Brammen .....                                                                                                                                                 | 63        |
| 8.2.2 Kontrolle von Ausstanzungen .....                                                                                                                                                | 64        |
| 8.3 Fuzzy Bildverarbeitung in der Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugindustrie.....                                                                                                        | 65        |
| 8.3.1 Qualitätssicherung in der Metallverarbeitung .....                                                                                                                               | 65        |
| 8.3.2 Qualitätssicherung bei der Produktion von Autoradios .....                                                                                                                       | 66        |
| 8.3.3 Qualitätssicherung in der KFZ-Zulieferindustrie .....                                                                                                                            | 66        |

|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 8.4 Potentieller Einsatz der Bildverarbeitung in der Metallerzeugung und -verarbeitung ..... | 66        |
| 8.4.1 Hemmnisse.....                                                                         | 67        |
| 8.4.2 Trends .....                                                                           | 67        |
| <b>9 Anwendungsbereiche der Bildverarbeitung in der Elektronikindustrie .....</b>            | <b>68</b> |
| 9.1 Fehlerstromschutzschalter.....                                                           | 68        |
| 9.1.1 Problemstellung .....                                                                  | 68        |
| 9.1.2 Lösung.....                                                                            | 68        |
| 9.2 Einbau einer ABS-Elektronik in das Gehäuse.....                                          | 69        |
| 9.2.1 Problemstellung .....                                                                  | 70        |
| 9.2.2 Lösung.....                                                                            | 70        |
| 9.3 SMD-Baugruppenfertigung .....                                                            | 70        |
| 9.3.1 Problemstellung .....                                                                  | 70        |
| 9.3.2 Lösung.....                                                                            | 71        |
| 9.4 Trends in der Elektronikbranche .....                                                    | 73        |
| 9.4.1 Entstückung von Leiterplatten .....                                                    | 73        |
| <b>10 Holzbearbeitung.....</b>                                                               | <b>74</b> |
| 10.1 Darstellung typischer Anwendungsbeispiele.....                                          | 74        |
| 10.1.1 Die automatische Sortierung gehobelter Profilhölzer nach Qualität .....               | 74        |
| 10.1.1.1 Aufgabenstellung .....                                                              | 74        |
| 10.1.1.2 Produktionsanforderungen .....                                                      | 74        |
| 10.1.1.3 Realisierung.....                                                                   | 75        |
| 10.1.2 Einsatz der Bildverarbeitung zur Zuschnittsoptimierung von lamellierten Kanteln ..... | 76        |
| 10.1.2.1 Aufgabenstellung .....                                                              | 76        |
| 10.1.2.2 Produktionsanforderungen .....                                                      | 76        |
| 10.1.2.3 Realisierung.....                                                                   | 77        |
| 10.1.3 Automatische Maschinenbestückung von Treppenstufen mittels Bildverarbeitung .....     | 77        |
| 10.1.3.1 Aufgabenstellung .....                                                              | 77        |
| 10.1.3.2 Produktionsbedingungen.....                                                         | 78        |
| 10.1.3.3 Realisierung.....                                                                   | 78        |
| 10.2 Typischer Aufbau einer Bildverarbeitungsanlage in der Holzindustrie .....               | 79        |
| 10.3 Holzmerkmale .....                                                                      | 79        |
| 10.4 Besondere Anforderungen .....                                                           | 80        |
| 10.5 Hemmnisse.....                                                                          | 80        |
| 10.6 Zusammenfassung.....                                                                    | 81        |
| <b>11 Leder-, Textil- und Bekleidungsgewerbe .....</b>                                       | <b>82</b> |
| 11.1 Darstellung eines Anwendungsbeispiels.....                                              | 82        |
| 11.1.1 Beschreibung der Problemstellungen.....                                               | 82        |
| 11.1.2 Eingesetzte bildgebende Verfahren.....                                                | 83        |
| 11.1.3 Eingesetzte bildverarbeitende Methoden.....                                           | 84        |
| 11.2 Überblick über weitere Anwendungen in der Textilindustrie.....                          | 85        |
| 11.2.1 Erkennung von Störpartikeln in Baumwollfasern .....                                   | 85        |
| 11.2.1.1 Problemstellung .....                                                               | 85        |
| 11.2.1.2 Bildgebende Verfahren.....                                                          | 86        |
| 11.2.1.3 Bildverarbeitende Verfahren .....                                                   | 86        |
| 11.2.2 Analyse von Glasfasergewebe.....                                                      | 87        |
| 11.2.2.1 Problemstellung .....                                                               | 87        |
| 11.2.2.2 Bildgebende Verfahren.....                                                          | 87        |
| 11.2.2.3 Bildverarbeitende Verfahren .....                                                   | 88        |

|                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>12 Baugewerbe .....</b>                                                                                 | <b>89</b>  |
| 12.1 Fuzzy Bildverarbeitung im Baugewerbe: Qualitätssicherung bei der Produktion von Gewebefolien .....    | 89         |
| 12.2 Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden Darstellung von Anwendungsbeispielen.....            | 89         |
| 12.2.1 Sortierung von PET-Flaschen.....                                                                    | 90         |
| 12.2.1.1 Aufgabenstellung .....                                                                            | 90         |
| 12.2.1.2 Realisierung.....                                                                                 | 90         |
| 12.2.2 Oberflächenkontrolle von Wand- und Bodenfliesen.....                                                | 91         |
| 12.2.2.1 Aufgabenstellung .....                                                                            | 91         |
| 12.2.2.2 Realisierung.....                                                                                 | 92         |
| 12.2.3 Verschleißmessungen in Bergefallrohren mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung .....            | 92         |
| 12.2.3.1 Aufgabenstellung .....                                                                            | 92         |
| 12.2.3.2 Problemlösung.....                                                                                | 93         |
| 12.2.4 Vermessung eines Glasrohres während des Herstellungsprozesses.....                                  | 93         |
| 12.3 Typischer Aufbau einer BV-Anlage in der Branche Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden..... | 93         |
| 12.4 Eigenschaften der verwendeten Baustoffe und deren Auswirkung auf die Systemkonzeption .....           | 94         |
| 12.5 Zusammenfassung .....                                                                                 | 95         |
| <b>13 Einsatz von Bildverarbeitung in der Branche Verkehr .....</b>                                        | <b>97</b>  |
| 13.1 Überblick.....                                                                                        | 97         |
| 13.2 Anwendungsbeispiele .....                                                                             | 97         |
| 13.2.1 TELEDRIIVE - Gebührenerfassung auf Autobahnen .....                                                 | 97         |
| 13.2.2 Kennzeichenerfassung von Fahrzeugen.....                                                            | 98         |
| 13.2.3 Automatische Anschriftenerkennung bei Postversand und Warentransport .....                          | 99         |
| 13.2.4 Auto-Pilot Oskar.....                                                                               | 100        |
| 13.2.5 Sicherheitskontrollen auf Flughäfen.....                                                            | 101        |
| 13.2.6 Vermessung des Verschleißes an Fahrdrähten .....                                                    | 101        |
| 13.3 Forschungsförderung.....                                                                              | 101        |
| 13.4 Zukunftspotential .....                                                                               | 102        |
| <b>14 Bildverarbeitung im Bankgewerbe .....</b>                                                            | <b>103</b> |
| 14.1 Überblick.....                                                                                        | 103        |
| 14.2 Automatisches Beleglesen von Eurocardbelegen .....                                                    | 103        |
| 14.2.1 Problemstellung .....                                                                               | 103        |
| 14.2.2 Das System .....                                                                                    | 104        |
| 14.2.3 Bewertung der BV-Lösung durch den Anwender .....                                                    | 105        |
| 14.2.4 Gesamtbewertung, Zukunftspotential.....                                                             | 105        |
| 14.3 Das digitale Bildjournal bei SB-Geldausgabeautomaten .....                                            | 106        |
| 14.3.1 Problemstellung .....                                                                               | 106        |
| 14.3.2 Das System .....                                                                                    | 106        |
| 14.3.3 Bewertung der BV-Lösung durch den Anwender .....                                                    | 107        |
| 14.3.4 Zukunftspotential.....                                                                              | 107        |
| <b>D Handlungsempfehlungen, resultierend aus der Informationserhebung bei Anwendern und Anbietern.....</b> | <b>108</b> |
| 1 Handlungsempfehlungen für Anwender/Technologienutzer.....                                                | 108        |
| 2 Handlungsempfehlungen für Anbieter .....                                                                 | 108        |
| 3 Handlungsempfehlungen für Vereine und Verbände.....                                                      | 110        |
| <b>E Anhang .....</b>                                                                                      | <b>111</b> |
| 1 Übersicht Analytische Anwendungsstruktur industrieller Bildverarbeitung .....                            | 111        |
| 2 Literatur .....                                                                                          | A          |
| 3 Ansprechpartner .....                                                                                    | I          |